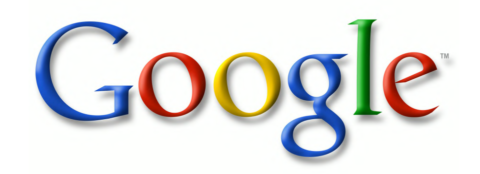
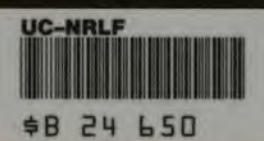



UC-NRLF
$B 24 650

Robert Mayer's Auffassung
des
Causalprinzips und Begründung des Prinzips von der Erhaltung der Energie.

Inaugural-Dissertation

verfasst und

der hohen philosophischen Fakultät

der

Vereinigten Friedrichs-Universität Halle-Wittenberg

zur

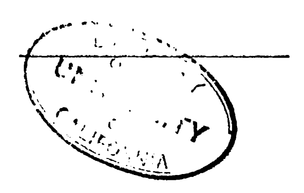
Erlangung der philosophischen Doktorwürde

vorgelegt

von

J. W. A. Hickson

aus Montreal.



Halle a. S.

Druck der Buchdruckerei des Waisenhauses.

1900.

Vorwort.

Die vorliegende Schrift bildet nur einen Teil, wie ich hoffe, an und für sich zusammenhängender und ziemlich abgeschlossener Natur einer gröfseren Abhandlung, welche die Entwickelung des Kausalprinzips in der neueren Philosophie und Naturwissenschaft seit Hume verfolgt und die voraussichtlich zum grofsen Teil in den nächsten Nummern der Vierteljahrschrift für wissenschaftliche Philosophie erscheinen wird. Seit der Vollendung derselben hat A. Riehl in den philosophischen Abhandlungen zu Christoph Sigwarts siebzigsten Geburtstag einen Aufsatz veröffentlicht, welcher das hier behandelte Problem kurz erörtert, mit dessen Ausführungen diese Arbeit im wesentlichen übereinkommt. Ich habe mich durch Riehls Aufsatz nicht veranlafst gesehen, irgend welche Änderung an meiner Auffassung anzubringen. Der Ausgangspunkt und die Entwickelung der Gedanken ist freilich in beiden Fällen verschieden, doch kommen wir in der Hauptsache zu vielfach ähnlichen Resultaten. Ich ergreife gern die Gelegenheit, um meinem hochverehrten Lehrer meinen wärmsten Dank auszusprechen für die Anregung, welche mir sowohl aus seinen Vorlesungen als aus persönlichem Umgang mit ihm zu Teil geworden ist.

Halle a. S., Juli 1900.

Inhaltsverzeichnis.





Erstes Kapitel.

Substantielle Auffassung der Kausalität bei Robert Mayer. — Der Energiebegriff und das Erhaltungsprinzip der Energie. — Der Begriff der Kraft.

Gleich am Eingange zur Behandlung der Methoden der induktiven Wissenschaften hat J. S. Mill die Frage wieder aufgeworfen, die Hume nur gestreift hatte. „Why is a single instance in some cases sufficient for a complete induction, while in others myriads of concurring instances without a single exception known or presumed go such a very little way toward establishing a universal proposition?" Und er fügt hinzu: „Whoever can answer this question knows more of the philosophy of logic than the wisest of the ancients and has solved the problem of induction."[1] Die Lösung dieses Problems, welche Mill selbst nicht gelungen ist, scheint mir durch einen gleichzeitig mit Mill lebenden hervorragenden Naturforscher vollzogen zu sein, dessen epochemachenden Gedanken ich mich jetzt zuwende.

Es giebt kaum in der Geschichte der Wissenschaft ein zweites Beispiel, bei welchem allgemeine regulative Prinzipien der Forschung und positiven Resultate derselben so eng miteinander verflochten sind und in so eigentümlicher Wechselwirkung zu einander stehen, wie das bei der Entwicklung und Begründung der modernen Energielehre der Fall gewesen ist. Hier haben gewisse logische Grundsätze zu der, philosophisch betrachtet, gröfsten Entdeckung des Jahrhunderts und zur Aufstellung eines allgemeinsten Naturprinzips geführt und dadurch einen glänzenden Beweis ihrer Unentbehrlichkeit für die empirische Forschung geliefert. Und umgekehrt haben die durch die erkenntnistheoretischen Grundsätze erreichten und gesicherten positiven Resultate auf diese selbst einen nicht zu verkennenden Einflufs ausgeübt. Es scheint daher zweckmäfsig, ja notwendig, diesen Zusammenhang zu berücksichtigen, da ohne dies weder die Bedeutung des für das Energieprinzip und für die Naturwissenschaften überhaupt grundlegenden Kausalbegriffs in seiner

1) Logik III, S. 228, 8. Aufl.; Hume, Abhandlung III, 8.

zuerst von Robert **Mayer** aufgestellten Formulierung noch die Tragweite des Energieprinzips in Bezug auf die allgemeine Naturauffassung verständlich gemacht werden kann. Indem wir diesen Zusammenhang darzulegen suchen, haben wir zuerst die allgemeinen theoretischen Grundlagen, welche der deutsche Entdecker und eigentliche Begründer des Prinzips von der Erhaltung der Energie nur in aphoristischer Weise angedeutet hat, etwas ausführlicher zu entwickeln. Dafs aber Robert Mayer selbst, obwohl er seine Gedanken in dieser Hinsicht in etwas mangelhafter Form darstellte, seines erkenntnistheoretischen Standpunktes sich wohl bewufst war, glaube ich behaupten zu dürfen und hoffe dasselbe durch die folgende Ausführung bestätigen zu können.[1] Seine tief philosophische Naturansicht hat ihn früh zu der Einsicht geführt, dafs die fundamentalsten Sätze der Erfahrungswissenschaft allein aus einer Verbindung und sozusagen Wechselwirkung zwischen formalen Prinzipien des Denkens und letzten, nicht weiter zu erklärenden Thatsachen der Natur hervorgehen können.

I. Der **Fundamentalsatz** oder, wie man beinahe sagen kann, das **Grundaxiom** der Naturwissenschaft, welches auf „einige Grundvorstellungen des menschlichen Geistes zurückgeführt“ wird, ist in keiner absolut dogmatischen Weise von Robert Mayer aufgefafst, sondern als eine unentbehrliche oberste Regel der Naturforschung aufgestellt. „Der Satz, dafs eine Gröfse, die aus Nichts entsteht, auch nicht vernichtet

---

1) Vergl. dagegen **Mach**, Prinzipien der Wärmelehre, 1896, S. 248. Da wir hier nicht in die Geschichte der Entdeckung dès Energieprinzips eingehen, so sei in dieser Hinsicht auf die schöne, aufrichtige und anregende Darstellung Machs hingewiesen. **Mach** hebt überall die erkenntnistheoretische Seite der Sache hervor, wovon weiter unten die Rede sein wird. Vergl. aufserdem Dühring, Mechanik, 3. Auflage, S. 444—473. **Planck**, ‚Das Prinzip der Erhaltung der Energie' 1887, der viel interessantes geschichtliches Material anführt (S. 1—91), und über die wissenschaftlichen Ansichten Mayers Weyrauchs zwei kleine Abhandlungen von 1885 und 1890. Aufser eine sehr brauchbare 3. Ausgabe von der „Mechanik der Wärme“ zu besorgen, nach der ich hier citiere, hat Weyrauch das grofse Verdienst, die „Kleineren Schriften und Briefe“ Mayers herausgegeben zu haben. Stuttgart 1893. Hierdurch wird man in die Lage versetzt, die allmähliche Entwicklung der Mayerischen Gedanken zu verfolgen; zugleich werden die gegen ihn aus Mifsverständnis gemachten Einwände leicht und in überzeugender Weise ein für allemal beseitigt. Vergl. ferner **Grofs**, Beweis von der P. d. Erhaltung der Energie, 1891, der eine scharfsinnige Kritik von Helmholtz' Beweisführung enthält. — Leider sind die philosophische Denkart und Leistungen Robert Mayers bis zur Gegenwart zu wenig berücksichtigt geblieben. Aufser A. **Riehl**, Phil. Kriticismus II, 1879 und zum Teil auch Dühring scheint niemand die eigentliche Bedeutung Mayers in Bezug auf gewisse erkenntnistheoretische Fragen, darunter das Kausalproblem, eingesehen zu haben. Seitdem dies geschrieben wurde, hat Riehl eine Darstellung des Ganges der Entdeckung und Verfahrensweise Mayers gegeben, welche wohl als die abgeklärteste über diesen Gegenstand gelten darf, in den philosophischen Abhandlungen zu Sigwarts 70. Geburtstag.

werden kann, ist so einfach und klar, dafs gegen seine Richtigkeit wohl so wenig wie gegen ein Axiom der Geometrie etwas Begründetes wird eingewendet werden können, und dürfen wir ihn so lange als wahr ansehen, als nicht etwa durch eine unzweifelhaft festgestellte Thatsache das Gegenteil erwiesen würde."[1] Denn die Annahme des Gegenteils und damit die Möglichkeit eines absoluten Erschaffens oder Vernichtens von Erfahrungselementen würde eine geregelte Erfahrung unmöglich machen und den Sinn der Naturforschung selbst völlig aufheben. Wird nun dieser Satz auf das Geschehen angewendet, so zwingt er uns, eine jede Veränderung sowohl wahrnehmbarer als vorgestellter Art als relativ und bedingt aufzufassen. Eine Zustandsänderung eines Körpers oder eines als geschlossen gedachten Systems von Körpern mufs daher mit einer Zustandsänderung oder mit Zustandsänderungen eines anderen Körpers oder einer Gesamtheit von Körpern im Zusammenhange stehen. Es mufs nun ferner das Verhältnis zwischen zusammengehörigen Veränderungen ein konstantes sein, wodurch die Wirkung durch die Ursache vollständig bestimmt werden kann. Widrigenfalls würde es möglich sein, dafs dieselben oder ähnliche Ursachen ganz verschiedene Wirkungen zu verschiedenen Zeiten hervorbrächten. Damit wäre es aber unmöglich, zu sagen, ob wir je in einem besonderen Falle die wirkliche Ursache einer Erscheinung gewonnen hätten; und die Vorstellung einer Abhängigkeit oder eines Zusammenhangs zwischen Veränderungen wäre dabei aufgehoben. Eben deshalb mufs zwischen einer jeden Ursache und ihrer Wirkung ein konstantes, d. h. quantitativ bestimmbares Verhältnis obwalten, vermöge dessen gewisse Veränderungen immer miteinander verknüpft werden. „Auf der einen oder der anderen Seite ein Plus oder Minus aufzusuchen, verbietet das Gesetz des logischen Grundes." Wäre die Wirkung, quantitativ betrachtet, gröfser als ihre Ursache, so würde etwas ohne Grund entstanden sein; und umgekehrt, wäre die Ursache gröfser und die Wirkung kleiner, so wäre eine gegebene Gröfse zu Nichts geworden. Das Verhältnis zwischen Ursache und Wirkung kann daher nichts anderes als dasjenige der quantitativen Übereinstimmung sein; erst dadurch wird eine Wirkung vollkommen durch ihre Ursache bestimmt und diese als der zureichende Grund jener anzusehen sein. Ist es nun möglich, dafs man von der Wirkung ausgehend wiederum die Ursache mit derselben Gröfse gewinnt, so ist klar, dafs keine weiteren Bedingungen zum Erzeugen der Wirkung im ersten Falle nötig waren, und dafs das Verhältnis zwischen beiden

---

1) Mechanik der Wärme S. 247. Nicht dafs R. Mayer jemals an diese Möglichkeit glaubte, wie J. S. Mill und sogar ganz moderne, sogenannte strenge idealistische, an Kant klebende Denker zu meinen geneigt sind.

hierdurch eindeutig bestimmt worden ist. Es scheint hiermit ein logisches Schema der ursächlichen Beziehung gewonnen zu sein.

Derselbe Grundsatz, welcher dazu führt, Ursache und Wirkung in eine Beziehung der quantitativen Gleichheit miteinander zu setzen, zwingt zu einem weiteren und bedeutenden Schlusse. Hiernach kann etwas nur auf Kosten von etwas anderem entstehen und deshalb müssen die Entstehung und Verschwindung von Veränderungen sich gegenseitig bedingen. Die Entstehung und Zunahme einer Zustandsänderung eines Körpers oder eines Systems von Körpern wird daher als Folge der Abnahme einer Zustandsänderung anderer Körper gedacht werden müssen, falls man nicht zur Annahme von unerschöpflichen Ursachen geneigt wäre, was jedenfalls einen Verstofs gegen das Fundamentalprinzip in sich einschlösse. Sind daher Ursache und Wirkung quantitativ übereinstimmende Veränderungen, so folgt, falls die Entstehung einer Veränderung aus Nichts nicht zugelassen wird, nicht allein, dafs die Wirkung nur durch das allmähliche Aufhören vorhergehender Veränderung, der Ursache, zustande kommen kann, sondern dafs die Ursache selbst in die Wirkung vollständig übergeht und übergehen mufs. Die Ursache verwandelt sich daher in ihre Wirkung. Die Verwandelbarkeit der Ursachen ist eine notwendige Konsequenz der geforderten Gröfsenübereinstimmung. Diese letztere ist aber eine notwendige Folge des obersten Grundsatzes von der Konstanz oder Erhaltung des ursprünglich Gegebenen.

„Es entsteht keine Wirkung ohne Ursache, keine Ursache vergeht ohne entsprechende Wirkung.“ Denn „ex nihilo nihil fit: nihil fit ad nihilum“.[1] Daher mufs die Wirkung gleich der Ursache sein, oder „causa aequat effectum“. „Hat die Ursache c die Wirkung e, so ist $c = e$; ist e wieder die Ursache einer anderen Wirkung f, so ist $e = f$ u. s. f. $c = e = f = e$. In einer Kette von Ursachen und Wirkungen kann, wie aus der Natur einer Gleichung erhellt, nie ein Glied oder ein Teil eines Gliedes zu Null werden. Die erste Eigenschaft aller Ursachen nennen wir ihre Unzerstörlichkeit. Hat die gegebene Ursache c eine ihr gleiche Wirkung e hervorgebracht, so hat eben c damit zu sein aufgehört; c ist zu e geworden, wäre nach der Hervorbringung von e c ganz oder einem Teile nach übrig, so müfste dieser rückbleibenden Ursache noch weitere Wirkung entsprechen, die Wirkung von e überhaupt also ausfallen, was gegen die Voraussetzung $c = e$ ist. Da mithin c in e, e in f u. s. w. übergeht, so müssen wir diese Gröfsen als verschiedene Erscheinungsformen eines und desselben Objektes betrachten. Die Fähigkeit, verschiedene

---

1) Mechanik der Wärme S. 48, 2. Aufsatz vom Jahre 1845.

Formen annehmen zu können, ist die zweite wesentliche Eigenschaft aller Ursachen. Beide Eigenschaften zusammengefafst, sagen wir: Ursachen sind (quantitativ) unzerstörliche und (qualitativ) wandelbare Objekte."[1]

Über die Bedeutung des Satzes causa aequat effectum, welcher als **ein Folgesatz** aus dem schon oben angeführten Prinzipe ex nihilo, nihil fit — nihil fit ad nihilum anzusehen ist, kann für jemand, der mit Mayers Werken bekannt ist, gar kein Zweifel vorhanden sein.[2] Robert Mayer hat ihn nur einmal in seinen wissenschaftlichen Arbeiten gebracht und dann in einem überaus klaren und nicht mifszuverstehenden Sinne.[3] Die Gleichheit der Wirkung mit ihrer Ursache ist quantitativ, nicht qualitativ zu verstehen. Der Satz causa aequat effectum fordert keine begriffliche Identität, sondern in erster Linie eine Gröfsenidentität zwischen beiden. Ursache und Wirkung sollen nicht notwendig qualitativ identisch sein, sondern im Gebiete der äufseren Natur in Bezug auf ihre Menge oder Quantität übereinstimmen. „Der Zusammenhang . . . . bezieht sich auf die Quantität, nicht auf die Qualität, denn es sind . . . Gegenstände, die einander gleich sind, sich deshalb noch nicht ähnlich."[4] Durch die Erfüllung der Bedingung der quantitativen Gleichheit soll nach Robert Mayer ein sicherer Kausalzusammenhang zwischen Erscheinungen erreichbar sein.

Ferner da eine Ursache nach seiner Meinung nicht nur ihrer Wirkung gleich ist, sondern da sie in dieselbe übergeht, so bleibt sie als eine bestimmte Gröfse in der Wirkung enthalten. Die letztere ist sogar die Ursache in einer anderen Existenzform. „Ursache und

---

1) Mechanik der Wärme S. 23, 24, 1. Aufsatz vom Jahre 1842.

2) Bekanntlich hat die sprachliche Einkleidung dieses Gedankens das feinsinnige Sprachgefühl einiger Physiker sehr tief verletzt. Schade, dafs keiner das „Krämerlatein" verbessert hat, und dafs sie in ihrer Hast, Fehler in der Ausdrucksweise Mayers zu entdecken, unterlassen haben, sich des guten logischen Sinnes des Satzes zu bemeistern, woraus ihre Fähigkeit, eine vieldeutige Unbestimmtheit in derselben zu entdecken, zu erklären ist.

3) Im Aufsatze vom Jahre 1842. Dafs dieser Satz als Folgerung aus dem anderen Grundsatze und nicht selbst als oberster Grundsatz zu betrachten ist, geht klar aus dem 2. Aufsatze vom Jahre 1845 hervor, S. 47, 48, wo er verdeutscht wird: „Die Wirkung ist gleich der Ursache." Siehe auch Mechanik S. 20, wo wiederum aus einer Mitteilung Rümelins vom Jahre 1841 die logische Beziehung dieser Sätze zu einander klar hervortritt. Der erkenntnistheoretische Standpunkt des ersten Aufsatzes, worauf leider und merkwürdigerweise die meisten Kritiker Mayers sich ausschliefslich berufen, ist nicht ohne Heranziehung des zweiten und bedeutendsten Aufsatzes Mayers verständlich. Auch der wichtige Aufsatz vom Jahre 1851 wirkt in dieser Beziehung aufklärend.

4) Mechanik der Wärme S. 266.

Wirkung bezeichnen überhaupt nichts als verschiedene Erscheinungsformen eines und desselben Objektes."[1] Damit scheint uns der alte scholastische Streit über transeunte und immanente Kausalität, insoweit, wie derselbe einen Gegenstand wissenschaftlichen oder philosophischen Interesses bilden kann, in sehr einfacher Weise geschlichtet zu sein. Zugleich wird es leicht, auf den Einwand der Zweideutigkeit zu antworten, welchen Helmholtz gegen den Mayerschen Satz erhoben hat, nämlich, dass aus dem „aequat" d. h. „ist gleich" seitens des Urhebers ein „bleibt gleich" gemacht wird. Denn es ist klar, dafs es ganz gleichgültig ist, ob man „aequat" mit ist gleich oder bleibt gleich übersetzt, da beides nach Mayers Auffassung wahr sein kann und sein mufs.[2]

Man sieht hieraus ferner, warum in den meisten Fällen Ursache und Wirkung, obwohl quantitativ übereinstimmend, doch qualitativ verschieden sein werden. Denn indem die Veränderung a eines Körpers A auf eine andere Anordnung der Dinge B übergeht, so mufs die Erscheinungsweise derselben durch die Beschaffenheit dieses letzteren Substrates bedingt sein. Nur in solchen Fällen, wo Veränderungen auf qualitativ gleiche Dinge oder Substrate übertragen werden, können Ursache und Wirkung sowohl qualitativ identisch als quantitativ proportional vorkommen. Qualitativ ungleich werden daher und müssen meistens die beiden Glieder eines Kausalverhältnisses sein; nicht aber quantitativ ungleich. Denn wären die Ursachen und ihre Wirkungen in der Natur immer sowohl qualitativ als quantitativ gleich, so müfste das ganze Geschehen einen ungeändert bleibenden Zustand darstellen und damit wäre die Möglichkeit, Veränderungen zu unterscheiden, einfach aufgehoben. Wären sie aber, quantitativ betrachtet, einander nicht proportional, so müfste ein Entstehen oder Vergehen von Erfahrungselementen angenommen werden.

---

1) Briefe S. 178.

2) Helmholtz, Vorträge und Reden, IV. Auflage, S. 409. Es handelt sich hier, wie Grofs S. 29 bemerkt hat, „um ein leeres Wortgefecht". Ob bei Mayer eine Verwechslung der Begriffe von ‚Ursache und Wirkung' mit ‚Veranlassung und Folge' zu Grunde liegt, wie Helmholtz andeutet, wird anderswo untersucht werden. Was man gegen Robert Mayer wirklich einwenden kann, ist, dafs er die Sache etwas mehr schematisch darstellt, als sie sich in der Natur verhält. Die Kette $c = e = f$ wird nicht ganz so einfach gegeben: e braucht keineswegs in f vollständig überzugehen; sondern es kann und wird wahrscheinlich hier eine Verzweigung eintreten, wobei $e = f + g = o + m + n$. Die Kette selbst aber kann bei unseren Experimenten verwirklicht werden; und als ein normierender Gedanke ist dieselbe unbedingt aufrecht zu erhalten. Auch die Einwendung Plancks ‚Erhaltung der Energie' 1887, S. 135, beruht auf einem Mifsverständnis des Sinnes des Mayerschen Satzes.

Das Gröſsenverhältnis zwischen Ursache und Wirkung sowohl als die Verwandlung jener in diese sind beide als Konsequenzen des allgemeinen Grundsatzes der Erhaltung anzusehen. Die mit groſsem Scharfsinn aus schon längst bekannten aber bis dahin unbestimmt gebliebenen Sätzen gezogenen Folgerungen muſsten aber für die Erfahrung fruchtlos und ohne Bedeutung bleiben, bis ein gemeinschaftliches Maſs, welches einen exakten Vergleich zwischen den Erscheinungen gestattete, gefunden oder aufgestellt werden konnte. Ehe nun dies möglich war und damit die Anwendbarkeit jenes schärfer formulierten Kausalbegriffs gezeigt werden konnte, muſste vor allem noch ein anderer und wichtiger Begriff genau präcisiert, sogar geschaffen werden. Dieser war kein anderer als der Begriff der Kraft, welcher schon in der Mechanik einen bestimmten mathematischen Ausdruck erlangt hatte, nämlich in dem Begriff der lebendigen Kraft eines Körpers oder mechanischen Systems; welcher aber im übrigen bis dahin die Grundlage einer weitgehenden metaphysischen Auslegung der Naturerscheinungen bildete, wovon ein typisches Beispiel in der Philosophie Schopenhauers zu ersehen ist. Erst Robert Mayer hat diesen Begriff aus dem Bereich des Nebelhaften gerückt und in seiner allgemeinsten Form, d. h. für alle Naturerscheinungen in bestimmter Weise aufgefaſst.

Nach seiner Definition ist Kraft „etwas, was bei der Erzeugung der Bewegung aufgewendet wird“ und welches in einem bestimmten Verhältnis mit der erzeugten Bewegung steht.[1] Allgemeiner gesprochen ist sie jenes Etwas, „welches die Differenz zweier physikalischer (oder chemischer) Zustände charakterisiert und dessen Maſs die leistbare mechanische Arbeit bei dem Übergang aus dem einen Zustand in den anderen ist.“[2]

Energie oder Kraft ist daher einfach gleichbedeutend mit dem verallgemeinerten Begriff der mechanischen Arbeit. Sie ist nichts anderes als die Arbeitsfähigkeit eines Systems oder eines einzelnen Körpers, welche sich aus gewissen Zustandsdifferenzen ergiebt und die nach einem festgestellten einheitlichen Maſsstab ausgedrückt werden

---

1) Mechanik der Wärme S. 255. Ob Mayer berechtigt war, einen schon in der Mechanik feststehenden Begriff in so allgemeiner Weise aufzufassen und einzuführen, scheint uns eine Frage von historischem, aber nicht prinzipiellem Interesse. Ein Genie braucht sich nicht an die gewöhnliche Auffassungsweise, die in Lehrbüchern vertreten wird, zu halten. Es ist zu bemerken, daſs sowohl Joule als Helmholtz den Begriff in ähnlichem Sinne gebrauchten. Bekanntlich hat zuerst T. Young 1807 den Grund zum Gebrauch des Ausdrucks Energie gelegt, ein Begriff, der dann später von Rankine allgemein eingeführt worden ist. Vergl. die Ausführungen Mayers, Mechanik d. Wärme S. 250—263, für die Gründe, welche ihn zur Aufstellung dieses Begriffes und zur Ablehnung früherer Definitionen trieben.

2) Mach, Pr. der Wärmelehre S. 316.

kann. „Ein Objekt, das, indem es aufgewendet wird, Bewegung hervorbringt“ — aber wir können sagen, nicht nur Bewegung, sondern irgend eine physikalische, chemische oder physiologische Zustandsänderung verursacht — „nennen wir Kraft (Energie). Die Wirkung der Kraft (Energie) ist wiederum Kraft (Energie).“[1] Diese Kraft- oder Energiedifferenz ist hiernach eine Ursache: sie ist die „einer mefsbaren Wirkung proportionale mefsbare Ursache“ und kann wiederum die Wirkung mechanischer oder physikalisch-chemischer Veränderungen sein.

Es findet daher auf sie eine Anwendung des Prinzips der Unzerstörbarkeit der Ursachen und des Satzes Causa aequat effectum statt. Ist aber dies der Fall, so ist es klar, dafs die aus diesem Prinzipe selbst gefolgerten Konsequenzen auch in Bezug auf das Verhalten der Kräfte oder der Energien gelten müssen. Kräfte sind Ursachen von Veränderungen; sie sind mefsbare imponderable und unzerstörbare Objekte und eben deshalb wandelbar.[2] Die neue und exakte Auffassung der Kraft in Verbindung mit den allgemeinen vorhergehenden Erörterungen bilden den theoretischen oder logischen Beweis für die weitere epochemachende Eniergelehre. Auf die von R. Mayer im ersten Aufsatze zu scharf aufgestellte Trennung und Gegenüberstellung von zwei Klassen von Ursachen in der Natur, materieller und immaterieller Art, gehe ich nicht näher ein, da dieselben ohne störenden, weil ohne prinzipiellen Einflufs auf die Entwickelung seiner Gedanken geblieben ist.[3]

II. Aus den Briefen Mayers geht es klar hervor, dafs er von Anfang an bemüht war, ein ähnliches umfassendes Prinzip für die Physik zu gewinnen wie schon Lavoisier mehr als fünfzig Jahre früher für das Gebiet der chemischen Erscheinungen aufgestellt hatte.[4] Dem Gesetze von der Konstanz des Gegebenen ihrem Gewicht nach sollte ein Gesetz der Unveränderlichkeit dieses Gegebenen ihren Wirkungen nach

---

1) Mechanik der Wärme S. 47, 48, 102.

2) Mechanik der Wärme S. 24.

3) Mechanik der Wärme S. 24.

4) Die Briefe und die ausführliche Mitteilung Mayers in der Mechanik S. 244 et seq. zeigen den Gang der Entdeckung im Unterschiede von dem Beweise des Energie-Prinzips an. Beide sind bei Mayer wie in anderen historischen Fällen voneinander zu trennen. Bei der Entdeckung ging Mayer von gewissen chemischen Theorien und physiologischen Thatsachen aus, ohne sich auf den Kausalsatz oder irgend ein logisches Prinzip ausdrücklich zu berufen; obwohl ohne Zweifel das Postulat der Gröfsenkonstanz der Veränderung hier das leitende Prinzip war. Der Beweis dagegen geht ausdrücklich von solchen Prinzipien aus, stützt sich aber in erster Linie nicht auf das Kausalprinzip, sondern, wie schon angedeutet worden ist, auf den noch allgemeineren Satz von der quantitativen Unveränderlichkeit des Gegebenen, wovon das Kausalprinzip ein Corollar bildet.

hinzugefügt werden. Der Konstanz der Materie oder Masse mufs eine Constanz der Kraft entsprechen. Dies ist der leitende physikalische Gedanke bei der Entdeckung gewesen; ein Gedanke, welcher durch die substantielle Auffassung der Veränderungen bedingt wurde.

Schon im Jahre 1841 schrieb Mayer: „Der Chemiker hat es mit einer gegebenen Quantität Materie zu thun, der Physiker mit einer gegebenen Quantität Kraft. Die gleiche Bewandtnis wie mit der Lehre von der Materie hat es mit der Lehre von den Kräften; beide müssen auf demselben Grundsatze basiert sein .... Mein erstes Bestreben ist nun, die Achse, um welche sich die Lehre von der Materie dreht, auch für die Lehre von den Kräften zu gewinnen: daher datiert sich das Axiom von der unveränderlichen Quantität der Kräfte. Sehr einfach werden die physikalischen Gesetze dadurch, dafs, wonach man sich in der Chemie vergebens sehnt, ihre Objekte, die verschiedenen Kräfte, sich aufeinander zurückführen lassen; wie erfreut war ich, als ich dies Resultat, Isomerie der Kräfte, nach und nach auffand."[1] „Die Chemie in ihrer Form als Wissenschaft besteht also wesentlich dadurch, dafs sie die Unzerstörbarkeit ihrer Objekte annimmt und den Zusammenhang, in dem sie untereinander stehen, erforscht."[2] „Was die Chemie in Beziehung auf Materie, das hat die Physik in Beziehung auf Kraft zu leisten. Die Kraft in ihren verschiedenen Formen kennen zu lernen, die Bedingungen ihrer Metamorphose zu erforschen, dies ist die einzige Aufgabe der Physik, denn die Erschaffung oder die Vernichtung einer Kraft liegt aufser dem Bereiche menschlichen Denkens und Wirkens."[3]

„Als Axiom — nicht als Hypothese — ist eine Kraft nicht weniger unzerstörbar als eine Substanz. Direkte Beweise läfst dieser allgemeine Satz so wenig bei „Kraft", als bei „Substanz" zu; warum aber der Satz als Axiom anzunehmen ist, wie es aus den einfachsten Begriffen unseres Denkvermögens sich entwickelt, darüber läfst sich gut Rechenschaft ablegen. Die bisherige Physik mufste auch den Satz gelten lassen: es geht keine Kraft verloren, konnte ihn aber gleichwohl nicht

1) Brief an Baur. Ausg. 16. 1841 Kl. Schriften u. Briefe S. 122, siehe auch S. 222. In einem Briefe an Tyndall aus den sechziger Jahren bezeichnet Mayer die Lehre von der Einheit und Verwandelbarkeit der Energie, ihre Fähigkeit in verschiedenen Formen aufzutreten unter Beibehaltung ihrer Gröfse, als „physical Stochiometry"; was wiederum zeigt, wie seine Gedanken in erster Linie an chemische Erfahrungen anknüpfen, nach welchen er die physikalischen Erscheinungen analog aufgefafst haben möchte. Vergl. auch Briefe an Geisinger, Nov. 30. 1842. S. 176.

2) Kl. Schr. u. Briefe S. 117.

3) Mechanik der Wärme S. 48.

durchführen."[1] Und in dem zweiten Aufsatze von 1845 ist die Unzerstörbarkeit sowohl der Imponderabilien wie der Ponderabilien zu einem allgemeinsten Naturprinzip vereinigt. „Die quantitative Unveränderlichkeit des Gegebenen ist ein oberstes Naturgesetz, das sich auf gleiche Weise auf Kraft und Materie erstreckt."[2]

Die Sätze der Erhaltung der Materie und Kraft bilden zusammen den empirischen Inhalt des allgemeinen Prinzips der Beharrlichkeit der Substanz, welche zunächst formal und negativ in dem alten scholastischen Axiom: ex nihilo nihil fit — nihil fit ad nihilum, ausgedrückt wurde.[3] Erst durch die Erfahrung kann und wird das allgemeine Erhaltungsprinzip näher präcisiert, indem gezeigt wird, daſs das Reale in der Natur Materie und Kraft seien, und dies ist nur dann möglich, falls beide bei allen ihren Veränderungen eine Gröſsenunveränderlichkeit bewahren. Während Lavoisier nun schon im vorigen Jahrhundert die Unveränderlichkeit der Masse vermittelst der chemischen Wage nachgewiesen hatte, so konnte erst durch die substantielle Auffassung der Kraft seitens Robert Mayers der andere Teil dieser Aufgabe gelöst und damit das Beharrlichkeitsprinzip für die Erfahrung in jeder Richtung bestimmt werden.

Die Aufstellung dieses exakten Kraftbegriffes und die damit verbundene Einsicht in die Unzerstörbarkeit der Kräfte oder bestimmter gesagt Kräfteformen und die weiter sich daraus ergebende Notwendigkeit der Äquivalenzbeziehungen zwischen den Veränderungen derselben bildet die groſse induktive Leistung Robert Mayers.

Die spätere experimentelle Prüfung dieses Gedankens war, wie Helmholtz in erfreulicher, obwohl sich selbst widersprechender Weise bemerkt hat, „eine viel mechanischere Art der Leistung".[4] Aber sie durfte nicht unterlassen werden, wie Mayer wohl wuſste, falls der allgemeine Gedanke in das Gebiet des Beweisbaren gebracht und für die Wissenschaft verwertet werden sollte. „Als Beweise", sagt er in einer Ausführung von musterhafter Klarheit und Einsicht, welche, wie mir scheint, beinahe alle die später aufgestellten Beweisgründe für das

---

1) Briefe an Baur. Ausg. 16. 1841. S. 115.

2) Mechanik der Wärme S. 48.

3) Es wäre vielleicht wissenschaftlicher, immer von Masse statt Materie zu reden: wir scheuen aber nicht vor dem letzteren Wort zurück um das räumlich ponderable Substrat der Erfahrung zu bezeichnen, ohne irgend einer metaphysischen Theorie über das „Wesen" derselben zu huldigen. Trotz aller Polemik gegen den Begriff wird die Materie selbst nicht verschwinden, da etwas nicht zu nichts werden kann.

4) Erhaltung d. Kraft S. 57. Ostwalds Klassiker d. exakten Wissenschaften.

Prinzip enthalten, „führe ich an: 1. Die notwendige Konsequenz aus einfachen, nicht zu leugnenden Prinzipien. 2. Ein Beweis, der für mich subjektiv die absolute Wahrheit meiner Sätze darthut, ist ein negativer: es ist nämlich ein in der Wissenschaft allgemein angenommener Satz, dafs die Konstruktion eines perpetuum mobile eine theoretische Unmöglichkeit sei (d. h. wenn man von allen mechanischen Schwierigkeiten, wie Reibung etc. abstrahiert, so bringt man es doch auch in Gedanken nicht hin); meine Behauptungen können aber alle als reine Konsequenzen aus diesem Unmöglichkeitsprinzipe betrachtet werden: leugnet man mir meinen Satz, so führe ich gleich ein Perpetuum Mobile auf. 3. Ein dritter Beweis ist von der Wissenschaft aus den Lehren der Experimentalphysik zu führen.“[1]

Dieser letzte Beweis mufste quantitativer Natur sein. Er besteht in der Auffindung und Feststellung der zwischen den verschiedenen Veränderungen der Kraft konstant geltenden Bedingungen. Denn da die unveränderlichen Gröfsenbeziehungen zwischen den Erscheinungen die materielle Grundlage einer jeden exakten Wissenschaft enthalten, so bilden die eben hierher gehörigen Zahlen das unumgängliche Fundament einer Energielehre. Sie sind es allein, welche die Anwendbarkeit von Hypothesen ermöglichen, denn sie enthalten den Beweis oder Probierstein der Richtigkeit oder Unrichtigkeit aller apriorischen Auffassungen über das Verhalten der Naturerscheinungen.[2] Jene konstanten Zahlen, welche die letzten Thatsächlichkeiten der Natur ausdrücken, bilden immer ein unverdauliches Element für eine jede metaphysische Ideologie. Denn wie es kommt, dafs z. B. die Beschleunigung der Schwere $g = 9{,}81$ m per Sec. oder das mechanische Wärmeäquivalent 425,6 Kgm. beträgt, wird schwerlich durch irgend eine Begriffsdialektik erklärt werden können. Jene letzten Erfahrungselemente können allein aus der Erfahrung gewonnen werden.

Dafs nun auf einer verschwindenden Kraftmenge eine neue Kraftgröfse entstehen und dafs zwischen beiden ein genaues quantitatives Verhältnis bestehen müfste, ist von Robert Mayer schon a priori für sicher gehalten worden.[3] Die bestimmte Zahl aber, wodurch diese

---

1) Brief an Griesinger. Dez. 1842. Kl. Schriften und Briefe S. 193.

2) Vergl. über die Bedeutung solcher unveränderlichen Gröfsebestimmungen Robert Mayer, Mechanik der Wärme, IV. und IX. Aufsatz und Dühring, Mechanik 3. Auflage S. 36, 37, der bemerkt: „sie sind eine Art von Prinzipien, denn sie können durch nichts anderes ersetzt und aus nichts anderem erschlossen oder gewonnen werden.“

3) Trotzdem äufserte er sich einmal: „Meine Theorie wäre widerlegt, wenn die Erfahrung Gegenteiliges lehren würde“, Briefe S. 189, was ich nur anführe, um den echt wissenschaftlichen Geist des Mannes zu zeigen.

Beziehung ausgedrückt wird, sowohl wie die Formen, welche die Kräfte bei ihren Veränderungen annehmen werden, kann natürlicherweise allein durch die empirischen einzelnen Untersuchungen ermittelt werden. So selbstverständlich diese Behauptungen erscheinen mögen, so dürfte es doch keineswegs in Rücksicht auf die absurd verbreiteten Meinungen betreffs der wirklichen Verfahrensweisen und Ansichten Mayers überflüssig sein, dieselben so oft wie möglich zu betonen.

Angewandt auf die Naturerscheinungen nahm bei Mayer der allgemeine Gedanke von der Äquivalenz zwischen Ursache und Wirkung oder der Gleichungen zwischen verschiedenen Formen der Kraftäufserung folgende Gestalt an: „Wir sehen in unzähligen Fällen eine Bewegung aufhören, ohne dafs letztere eine andere Bewegung oder eine Gewichtserhebung hervorgebracht hätte; eine einmal vorhandene Kraft kann aber nicht zu Null werden, sondern nur in eine andere Form übergehen, und es fragt sich somit, welche weitere Form die Kraft, welche wir als Fallkraft und Bewegung kennen gelernt haben, anzunehmen fähig sei? Nur die Erfahrung kann uns hierüber Aufschlufs erteilen.“[1] „Ist es nun ausgemacht, dafs für die verschwindende Bewegung in vielen Fällen (exceptio confirmat regulam) keine andere Wirkung gefunden werden kann als die Wärme, für die entstandene Wärme keine andere Ursache als die Bewegung, so ziehen wir die Annahme: Wärme entsteht aus Bewegung, der Annahme einer Ursache ohne Wirkung und einer Wirkung ohne Ursache vor, wie der Chemiker, anstatt H und O ohne Nachfrage verschwinden und Wasser auf unerklärte Weise entstehen zu lassen, einen Zusammenhang zwischen H und O einerseits und Wärme andererseits statuiert.“[2] Wärme und Bewegung müssen sich daher ineinander verwandeln. Man sieht, das von Robert Mayer richtig verstandene Kausalprinzip gab eine Anweisung, nach einer neuen Erscheinung für die verschwundene Wärme zu suchen, aber nur die Beobachtung und das Experiment konnte zeigen, welche diese neue Erscheinungsform der Kraft sei.

Eine Lebensfrage nun für die Theorie war, zu wissen, nach welchem mathematischen Verhältnis diese Umsetzung stattfand. Es mufste „das Gesetz der unveränderlichen Gröfsenbeziehung zwischen der Bewegung und der Wärme numerisch ausgedrückt werden“.[3] Das

---

1) Mechanik der Wärme S. 26.

2) Mechanik der Wärme S. 27 „Entweder eine gegebene Bewegung wird bei ihrem Verschwinden zu Null werden, oder aber sie wird eine ihr gleich unzerstörbare Wirkung haben. Wenn wir uns unbedingt für das letztere entscheiden, so berufen wir uns auf die Denkgesetze und die Erfahrung.“ Mechanik der Wärme S. 59. Niemals auf die ersten oder die zweite allein, sondern immer auf beide zugleich.

3) Mechanik der Wärme S. 243.

Experiment nun zeigt, dafs die Erwärmung eines Kilogrammes Wasser um einen Grad Celsius der Hebung eines gleichen Gewichtteiles auf die Höhe von 425,8 m entspricht. Diese Zahl, welche das mechanische Äquivalent der Wärme angiebt, bedeutet eine Gröfse, welche nach einem einheitlichen Mafsstab gemessen werden kann und die ganz und gar unabhängig ist von der Art und Weise, auf welche die Umsetzung der Bewegung in Wärme und umgekehrt geschehen möge. Nun ist natürlich die qualitative Beziehung zwischen Wärme und Bewegung nicht so zu verstehen, als ob beide einander unmittelbar gleich oder identisch wären; Bewegung und Wärme sind allein in Bezug auf ihre Energiemenge gleich; die Übereinstimmung, welche zwischen ihnen besteht, ist vor allem als eine Gleichung der mechanischen Arbeitsfähigkeit aufzufassen. Eine solche Gröfsenbestimmung giebt uns einen „Ariadnefaden in die Hand" bei der Untersuchung des Zusammenhangs der Naturerscheinungen, sie bildet die Grundlage einer neuen Wissenschaft. Dafs die erste Berechnung derselben bei Mayer zu niedrig ausfiel, nämlich auf 365 Kgm., ist bekanntlich durch die damalige ungenaue Kenntnis der Wärme- und Druckverhältnisse der Gase, speziell der Luft bedingt worden.[1]

Nicht nur zwischen Bewegung und Wärme, sondern ebenso zwischen Wärme, dem räumlichen Abstand ponderabler Massen und der chemischen Differenz verschiedener Formen der Materie sieht das geistige Auge des Forschers einen Kausalzusammenhang. Da Nichts weder aus Nichts entstehen noch in Nichts vergehen kann, eine Arbeitsleistung nur auf Kosten von anderen Arbeitsgröfsen hervorgebracht werden kann, so bedeutet die Hebung einer Last den Aufwand einer Kraft. Fällt die Last wieder, so wird sie eine Quelle von Kraft sein. Der verbrauchte Abstand ponderabler Massen, welche als Wärme oder Be-

---

1) Auch Joules Berechnungen wichen wie bekanntlich zuerst ebensosehr von der richtigen Zahl ab, obwohl er später das Hauptverdienst der genauen Bestimmung dieses Konstanten hatte, weshalb das mechanische Wärmeäquivalent nicht unbillig nach ihm bezeichnet wird. Das höchst einfache und rationelle Verfahren Robert Mayers, jenes Äquivalent aus den Versuchen über Kompression und Wärmeentwicklung bei den Gasen durch Druck zu ermitteln, war aber doch genialer Natur und keineswegs demjenigen Bedenken ausgesetzt, welches bis in die neueste Zeit gegen dasselbe erhoben worden ist. Denn jenes Bedenken, nämlich ob die ganze Arbeit, welche beim Komprimieren eines Gases aufgewendet wird, sich in Wärme verwandelt, wurde schon durch den historisch berühmt gewordenen Versuch von Gay-Lussac beseitigt, worauf sich Mayer in der Abhandlung vom Jahre 1845 beruft, S. 53. Mechanik der Wärme. Aufserdem führt er denselben als Grundlage seiner experimentellen Berechnungen in Briefen vom Jahre 1841 an. Siehe Kl. Schr. u. Br. S. 131 und 152. Dafs Mayer selbst Experimente ausgeführt hat, steht heute aufser allem Zweifel.

wegung hervortritt, kann durch die Aufwendung der letzteren in die entgegengesetzte Richtung wiedererzeugt und dadurch aus dem Endresultat die ursprüngliche Existenzform der Kraft wiedergewonnen werden. Gerade durch die Umkehrung des Prozesses kann die Einerleiheit der verschiedenen aufeinanderfolgenden Erscheinungsarten der Kraft am besten gezeigt werden.

Höchst originell war die Auffassung der Fallkraft oder des räumlichen Abstandes ponderabler Massen als eine Existenzform der Kraft, welche heute unter dem Begriffe der potentiellen Energie oder Energie der Lage subsumiert wird. Die Aufstellung derselben ist ein Ergebnis und zugleich als ein Beweis von der Fruchtbarkeit der Methoden des Urhebers zu betrachten. Die Einführung derselben ist geradezu durch den schon öfter angeführten Erhaltungsgrundsatz und die ganze logische Betrachtungsweise Mayers bedingt und bildet eine ausgezeichnete Probe der Leistungsfähigkeit jenes Prinzips der Gröfsenkonstanz der Veränderungen. Zugleich aber unterstützt sie den letzteren in seiner Anwendung auf die Naturvorgänge, denn, indem das räumliche Getrenntsein als das Äquivalent einer gewissen Quantität Energie oder als einer Arbeitsgröfse aufgefafst wird, wird dadurch eine Brücke zwischen der verschwindenden Wärme oder Bewegung einerseits und mechanischer Arbeit andererseits geschlagen, und die Verknüpfung, die sonst zwischen den verschiedenen Bethätigungsweisen der Energie in der Erfahrung gefehlt hätte, vollzogen.[1]

Es läfst sich experimentell zeigen, dafs aufser Bewegung und Wärme auch die elektrischen, magnetischen und chemischen Veränderungen alle nach mathematisch bestimmbaren Verhältnissen miteinander zusammenhängen, sich ineinander verwandeln lassen und schliefslich alle in Wärme übergeführt werden können. Wie Diamante und amorphe Kohle nur verschiedene Formen einer und derselben Materie darstellen, so sind Wärme, Bewegung und Elektricität verschiedene Bestätigungsweisen eines quantitativ gleich bleibenden Dinges. „Wie die Einerleiheit der Erdschwere mit der Kraft, welche die Himmelskörper an dem Fortgehen auf der Tangente hindert, ideal und thatsächlich durch die blofse Untersuchung des Verhaltens des Mondes festgestellt war, und alles übrige nur die empirische Ausführung und Erprobung eines im wesentlichen gesicherten Gedankens sein konnte, so ist auch der weitere experimentelle Nachweis der Äquivalenzen an zahlreichen Fällen der Erscheinungen nur eine Bestätigung der bereits durch Mayer verzeichneten Theorie und Entdeckung gewesen“.[2] Die

---

1) Vgl. Dühring, Mechanik S. 449, 3. Aufl.
2) Ebenda S. 455.

Möglichkeit der Zurückführung aller Kräfteformen auf diesen umfassenden Begriff der Energie scheint hiermit erreicht worden zu sein und damit der Gebrauch jenes Begriffes eines und desselben Etwas, dessen Quantum bei allen Veränderungen unveränderlich bleibt, während seine besonderen Beziehungen und Qualitäten fortwährend im Wechsel begriffen werden, als ein für die Erfahrung zutreffender, sogar grundlegender Begriff gesichert.

Die Idee der Verwandelbarkeit führt schliefslich über den Gedanken eines ursächlichen Verhältnisses hinaus zu demjenigen einer „Identität des in neue Form übergegangenen Kraftmaterials oder Kraftvorrates“.[1] Deshalb sagte Robert Mayer: „Es giebt in Wahrheit nur eine einzige Kraft; denn a priori läfst sich beweisen und durch die Erfahrung überall bestätigen, dafs die verschiedenen Kräfte ineinander sich verwandeln lassen. In ewigem Wechsel kreist dieselbe in der toten wie in der lebenden Natur.“[2] Sie sind nur verschiedene Erscheinungsweisen eines und desselben Etwas, Energie, welche weder von neuem erzeugt noch zerstört werden kann. Bei allen Naturvorgängen handelt es sich um den Übergang von potentieller in aktuelle Energie oder umgekehrt, deren Gesamtsumme dennoch unverändert bleibt. „Der Grundsatz, dafs einmal gegebene Kräfte gleich den Stoffen quantitativ unveränderlich sind, sichert uns begrifflich den Fortbestand der Differenzen und damit den der materiellen Welt“.[3]

III. Obwohl die Entdeckung des mechanischen Wärmeäquivalents eine epochemachende That war und die entscheidende Wendung in dieser Sache hervorbrachte, so mufs doch betont werden, dafs in philosophischer Hinsicht die allgemeine Auffassung einer Naturkraft als ein mefsbares, konstantes Objekt von kaum zu überschätzender Bedeutung ist. Die Ansichten Robert Mayers sind in dieser Hinsicht von universaler Tragweite und haben eine ganze Umwälzung der bis dahin üblichen Auffassungsweise verursacht. In dieser Hinsicht hat er gewifs tiefer und klarer gedacht und mehr für eine echt wissenschaftliche Behandlung der Naturvorgänge gethan, als vielleicht alle seine anderen Zeitgenossen. Mögen die verschiedenen Naturkräfte an und für sich sein was sie wollen, so stimmen sie doch alle darin überein, dafs sie in ihren Wirkungen mechanische Aktionen darstellen, die gemessen werden können und in welchen sie enthalten sind. Mit dieser Auf-

1) Dühring, Geschichte der Mechanik, S. 465.

2) Mechanik der Wärme S. 48. „Meine Behauptung“, schrieb Mayer schon 1842, „ist ja gerade, dafs die Fallkraft, Bewegung, Wärme, Licht, Elektricität und chemische Differenz der Ponderabilien sind ein und dasselbe Objekt in verschiedenen Erscheinungsformen.“

3) In der ersten Auffassung des ersten Aufsatzes Kl. Schr. u. Br. S. 101.

fassung ist natürlich eine grofse Mannigfaltigkeit der Erscheinungsformen der Kraft ebensowohl vereinbar, wie die Unveränderlichkeit des Quantums der Materie mit einer qualitativen Verschiedenheit der einzelnen Stoffe verträglich ist. Doch lassen sich alle Kraftäufserungen schliefslich in diese mechanische Kraft auflösen, deren Quantum weder vermehrt noch vermindert werden kann, und dessen Qualitätsänderungen nach ganz bestimmten, mefsbaren Beziehungen stattfinden.

Diese Auffassung ist gleichbedeutend mit der Vernichtung aller Metaphysik der Kräfte; sie beseitigt die Vorstellung von der Möglichkeit der Hervorbringung endlicher Kraftgröfsen durch unerschöpflich wirkende, auf sich beruhende Entitäten. Die Vorstellung von spezifisch in ganz verschiedener Weise wirkenden Naturkräften wird zugleich damit aufgehoben. Indem die Veränderungen der Kraft einer mathematischen Behandlungsweise unterworfen werden, und die Äquivalenzbeziehungen zwischen diesen nachgewiesen werden können, wird dieser Begriff ein für allemal aus dem Gebiete des Unberechenbaren und Phantastischen gebracht; denn die verschiedenen Kraftgröfsen lassen sich zu einander hinzufügen und handhaben wie verschiedene Gewichte und verschiedene Zahlen. Das „Wesen“ der Kraft ist vor allem in Zustandsdifferenzen der Materie zu suchen; die Idee von einer in den Dingen selbst inhärierenden Kraft, von einer Kraft, die an und für sich existierte, ist hiermit ein Unding geworden. Die Kraft oder die Kräfte lassen sich zuletzt auf Differenzen der Ortsbestimmungen oder verschiedenartige Anordnungen der Materie reduzieren, als deren Bethätigungsweisen jene Veränderüngen der Energie selbst zu gelten haben. Diese Veränderungen können im allgemeinen einfach als Übertragung eines gewissen Quantums Kraft von einer gegebenen Anordnung auf eine andere Gruppierungsart der Materie gedacht werden. Wie diese Übertragung näher geschieht, darüber kann kein Aufschlufs gegeben werden.

Schon Descartes hat in Bezug auf die Auffassung der Kraft und Kraftverhältnisse Ansichten gehabt, die mit den obigen sehr nahe verwandt sind. Schon vor 200 Jahren hat er die Existenz von qualitativ verschiedenen Naturkräften — wie qualitates occultae — geleugnet und alle Kraft als Bewegung und Veränderungen von Bewegung aufgefafst, deren Quantum in der Natur nach ihm unveränderlich bleibt.[1] Hierin ist ohne Zweifel eine Andeutung des Energieprinzips zu erblicken, wenn die Gründe, welche Descartes zu seiner Behauptung führten, kaum als stichhaltig, vielleicht nicht als mit dem Energieprinzipe verträglich angesehen werden können. Aber die An-

---

1) Principia Philisophiae II, 36.

sichten von Descartes mufsten eine blofse Spekulation bleiben, weil er nicht im stande war, die genauen mathematischen Verhältnisse der Kraft zu bestimmen. Denn um solche allgemeinen Sätze vom Standpunkte der Wissenschaft zu beweisen, mufste ein Mafs der Bewegung gefunden werden. Nachdem dies erst im vorigen Jahrhundert für die rein mechanischen Erscheinungen durch den Begriff der lebendigen Kraft und Aufstellung desselben Prinzips erreicht war, ist dies für alle physikalischen und chemischen, für alle Naturerscheinungen überhaupt, erst vermittelst des Energieprinzips möglich, womit ein allgemeines Mafs der Veränderungen der Dinge geschaffen wurde. Aus demselben Grunde blieb die richtige Ablehnung einer spezifischen Lebenskraft seitens Descartes ohne Einflufs auf die Entwickelung der Physiologie; und erst in diesem Jahrhundert konnte jenes Ens vollständig beseitigt und damit die Grundlage zu einer wissenschaftlichen Behandlung der Lebenserscheinungen geschaffen werden. Niemals wäre dies möglich gewesen, ohne dafs man an den besonderen Erscheinungen quantitative Bestimmungen vornehmen konnte und thatsächlich vornahm. Hierzu war die Feststellung des mechanischen Wärmeäquivalents eine notwendige und unerläfsliche Bedingung. Indem Robert Mayer von der Theorie Lavoisiers ausging, wonach die tierische Wärme das Resultat eines Verbrennungsprozesses, daher die einzige Ursache derselben als ein chemischer Prozefs, genauer gesagt, ein Oxydationsprozefs, zu betrachten war, so stellte er die Frage, ob nicht zwischen „Leistung und Verbrauch im Organismus eine Bilanz zu ziehen“ sei? Die Bejahung dieser Frage wurde nun durch den allgemeinen Erhaltungsgrundsatz und das dadurch bedingte Postulat einer exakten Physiologie gefordert. — Sie wurde aber zur Gewifsheit erhoben durch die Führung des experimentellen Nachweises einer quantitativen Übereinstimmung zwischen Einnahme und Ausgabe im tierischen Körper, und damit wurde die Voraussetzung Mayers, dafs „der lebendige Organismus mit allen seinen Rätseln und Wundern nicht Wärme aus Nichts zu entwickeln vermag“, bestätigt. Es blieb jetzt kein Platz übrig für jene „katalytische“ Lebenskraft, welche überall hier und da eingreifend, die Eigenschaft hatte, das Kausalprinzip selbst zu paralysieren.[1] Denn eine Kraft, welche ohne eine Wirkung zu äufsern, vorhanden ist oder vergehen kann, ist eben keine Kraft, sondern ein nichtiges und überflüssiges Etwas, dessen Existenz bei weiteren Untersuchungen sehr wohl vernachlässigt werden

1) Die vernichtende Kritik und schliefsliche Beseitigung dieser metaphysischen Annahme im 2. Aufsatze vom Jahre 1845 gehört zu den glänzenden Leistungen Robert Mayers.

darf. Die Auffassung eines lebenden Körpers als eine Art von Perpetuum Mobile, als eine unerschöpfliche Kraftquelle, ist hiermit als vollständig beseitigt zu betrachten. Während des ganzen Lebensprozesses findet nur „eine Umwandlung wie der Materie, so der Kraft, niemals eine Erschaffung der einen oder der anderen“ statt. Von allen lebenden Organismen gilt die Auffassung, welche allerdings wegen der Natur der Sache hier unmöglich nachgewiesen werden kann, dafs die Quantität der Energie bei der Geburt plus, die während des Lebens zugeführte gleich ist derjenigen während des Lebens ausgegebenen Quantität plus der in dem Leichnam übrig bleibenden Menge.[1]

IV. Wenn nun von der „Verwandlung“ oder „Umwandlung“ der Energie gesprochen wird, so ist dies einfach eine bildliche Ausdrucksweise für eine Thatsache, nämlich die der Konstanz und Beständigkeit bei ihren Veränderungen und soll keineswegs Prozesse bezeichnen, die einer weiteren metaphysischen Auslegung oder sonstigen Erklärung bedürftig wären. Diese Idee bedeutet nichts weiter als die einheitliche Auffassung gewisser Naturthatsachen, welche durch die Äquivalenzzahlen und die substantielle Natur der Kraft bedingt werden. Hören wir den Urheber selbst darüber: „Etwas anderes als eine konstante numerische Beziehung soll und kann hier das Wort „Umwanwandeln“ nicht ausdrücken.“[2]

Ebensowenig wie Hume, weifs Robert Mayer uns etwas über die letzten wirkenden Prinzipien der Dinge mitzuteilen, die etwa die Veränderungen „nach sich ziehen“, oder die Gründe anzugeben, welche die Verwandlung der Energie in letzter Instanz bedingten. Auch ist er überzeugt, dafs sowohl die Philosophie als die exakte Naturforschung von allen solchen überflüssigen Versuchen in die „Tiefen der Weltordnung“ einzudringen, sehr gut Abstand nehmen könne und müsse. Die Frage nach dem „Wesen“ der Kraft und Materie ist nach ihm zwecklos; jene Begriffe von Kraft und Materie „an und für sich“ enthalten nur eine Grille des Metaphysikers.[3] Es handelt sich, wie er sich äufsert in einer Ausführung über die Aufgabe und Methode der Wissenschaft, nicht darum, was eine Kraft für ein Ding ist, sondern darum, welches Ding wir Kraft nennen wollen.“[4] Mit kritisch-positivistischem Geiste sagt er in Bezug auf die Verwandlung von Wärme in Bewegung: „Wenn hier eine Verwandlung der Wärme im mechanischen Effekt statuiert wird, soll damit nur eine Thatsache ausgesprochen, die Verwandlung selbst aber keineswegs erklärt werden. Ein gegebenes Quantum Eis läfst sich in eine entsprechende Menge Wasser verwandeln: diese

1) Hermann, Lehrbuch der Physiologie, S. 6, 12. Aufl.
2) Mechanik, S. 265. 3) Mechanik, S. 389. 4) Mechanik, S. 260.

Thatsache steht fest da und unabhängig von unfruchtbaren Fragen über Wie und Warum und von gehaltlosen Spekulationen über den letzten Grund der Aggregatszustände. Die echte Wissenschaft begnügt sich mit positiver Erkenntnis und überläfst es willig dem Poeten und Naturphilosophen, die Auflösung ewiger Rätsel mit Hilfe der Phantasie zu versuchen."[1]

„In unzähligen Fällen geht die Umwandlung der Materie und der Kräfte auf anorganischen und organischen Wegen vor unseren Augen vor sich und doch enthält jeder dieser Prozesse ein für das menschliche Erkenntnisvermögen undurchdringliches Mysterium. Die scharfe Bezeichnung der natürlichen Grenzen menschlicher Forschung ist für die Wissenschaft eine Aufgabe von praktischem Werte, während die Versuche, in die Tiefen der Weltordnung durch Hypothese einzudringen, ein Seitenstück bilden zu dem Streben des Adepten."[2]

„In den exakten Wissenschaften hat man es mit den Erscheinungen, mit mefsbaren Gröfsen zu thun: Der Urgrund der Dinge aber ist ein dem Menschenverstande unerforschliches Wesen, wohingegen „höhere Ursachen", „übersinnliche Kräfte" und dergleichen mit allen ihren Konsequenzen in das illusorische Mittelreich des Naturphilosophischen und Mysticismus gehören."[3] Hüte man sich davor, sich durch den Wunsch velle rerum cognoscere causas zu nutzlosen Spekulationen verführen zu lassen und in dem Streben nach dem Unerreichbaren das Erreichbare zu verlieren. „Die wichtigste, um nicht zu sagen die einzige Regel für die echte Naturforschung ist die: eingedenk zu bleiben, dafs es unsere Aufgabe ist, die Erscheinungen kennen zu lernen, bevor wir nach Erklärungen suchen oder nach höheren Ursachen fragen mögen. Denn ist einmal eine Thatsache nach allen Seiten hin bekannt, so ist sie eben damit erklärt und die Aufgabe der Wissenschaft ist beendigt."[4] Diese Erklärung besteht eben in dem Nachweis der gesetzmäfsigen Zusammenhänge der Thatsachen untereinander, welche durch ihre gegenseitigen Gröfsenverhältnisse ausgedrückt werden. Niemand kann uns z. B. in Bezug auf die Energie und ihr „Wesen" etwas Fundamentaleres oder Wichtigeres mitteilen, als dafs ihre Veränderungen nach unveränderlichen Äquivalenzzahlen stattfinden und dafs ihre Gesamtsumme trotz aller qualitativen Verschiedenheiten dieselbe bleibt. „Wahrlich sage ich euch, eine einzige Zahl hat mehr wahren und bleibenden Wert als eine kostbare Bibliothek voll Hypothesen."[5] Dabei verstand Robert Mayer unter einer solchen Hypothese gerade, was Newton darunter gedacht hatte, als er den Satz „hypo-

1) Anmerkung S. 51, Mechanik. 2) Ebenda S. 108. 3) Mechanik, S. 262. 4) Mechanik, S. 236. 5) Kleine Schriften und Briefe, S. 226.

theses now fingo“ aussprach, nämlich eine phantastische Annahme, welche weder widerlegt noch bewiesen werden konnte; welche überhaupt keine Prüfung durch die Erfahrung zuliefs. Dafs die Wissenschaft nicht ohne einen richtigen Gebrauch von Hypothesen und gewissen apriorischen Annahmen auskommen kann, hat Robert Mayer wohl gewufst und durch sein eigenes Verfahren bewiesen.

Wenn man solche und viele ähnliche Äufserungen Robert Mayers über die Aufgaben und Grenzen der Naturforschung liest und seine eigenen grofsen wissenschaftlichen Leistungen überlegt, erscheint es uns merkwürdig und kaum verständlich, dafs er jemals als ein blofs abstrakt metaphysischer Denker, der nicht über gewisse unbestimmt ontologische Betrachtungen hinausgekommen sei, bezeichnet werden konnte.[1] Immer mit aller Kraft gegen metaphysische Bestrebungen in der Wissenschaft zu kämpfen und doch als Metaphysiker gebrandmarkt zu sein, gehört freilich wohl zu den grofsen Ironien des Schicksals.

---

1) Vgl. Kleinere Schriften und Briefe, S. 189; Mechanik 376, 418, 421. Solche Ansichten in Verbindung mit schon früher angeführten Stellen aus Mayers Arbeiten zeigen wohl etwas anderes und etwas mehr als das Walten eines blofsen Instinkts, worauf Mach sie zurückführen möchte, möge derselbe noch so gewaltig sein. Sie beweisen einen kritischen, die Thatsachen der Erfahrung durchdringenden logischen Verstand, und noch mehr als bei Joule eine „philosophisch tief gehende Naturansicht.“ Mit Recht bemerkt Mach, dafs man nicht mehr von einer metaphysischen Begründung der Mayerschen Lehre sprechen darf (Prinzipien der Wärmelehre, S. 249). Ich füge hinzu, man hätte nie von einer solchen sprechen sollen, noch von ihr gesprochen, hätte man Robert Mayers Schriften nur einigermafsen gelesen. Der von einer grofsen wissenschaftlichen Autorität in dieser Hinsicht verbreitete Irrtum ist deshalb unverzeihlich, weil es einen klareren und einsichtsvolleren Schriftsteller als Robert Mayer vielleicht nie gegeben hat. Leider scheinen sich viele Kritiker Mayers auf jene Autorität gestützt zu haben, ohne eine nähere Bekanntschaft mit seinen Werken selbst gemacht zu haben. — Wie fruchtbar Robert Mayers Methoden in materieller Hinsicht gewesen sind, zeigt nicht allein der grundlegende Aufsatz vom Jahre 1845, sondern ebenso die Abhandlung vom Jahre 1848. Seine Theorie der Sonnenwärme, welche eine kleine Ergänzung durch Helmholtz und Lord Kelvin erfahren hat, ist noch immer die verständlichste über diesen Gegenstand.

Zweites Kapitel.

Angebliche Beweise für das Energieprinzip. — Das Verhältnis des letzteren zum Kausalprinzip. — Das Kausalprinzip als regulatives und heuristisches Prinzip der Forschung.

I. Es wird aus dem schon Gesagten klar, dafs die Aufstellung des umfassenden Energieprinzips durch das Streben bedingt wurde, die empirische Realität nach dem Schema der Substanz und Kausalität nach quantitativem Gesichtspunkte auszulegen. Die bestimmtere und schärfere Auffassung des Kausalverhältnisses forderte im voraus, dafs die Übergänge zwischen Kraftveränderungen auf Gröfsenkombination der Erscheinungen beruhen müfste; die Gewinnung der verschiedenen Äquivalenzzahlen entsprach durchaus dieser Forderung. Erst und allein vermittels der in der Erfahrung vorkommenden und entdeckten unveränderlichen Gröfsenbestimmungen konnte eine Verbindung zwischen dem apriorisch oder rationellen und erfahrungsmäfsigen Teil der Theorie hergestellt werden. Jene konstanten Zahlen bilden sozusagen die Brücke zwischen den Begriffen und den Thatsachen, zwischen Logik und Empirie, zwischen Spekulation und sinnlicher Erfahrung. Ohne dieselben wäre die allgemeine Vorstellung nie fruchtbar geworden, sondern sie bliebe immer eine blofse Spekulation. Dafs sie aber vorhanden sein mufsten, obwohl ihre bestimmte Gröfse unbekannt war, war schon nach der allgemeinen theoretischen Auffassung der Naturvorgänge zweifellos. Die Entdeckung des mechanischen Wärmeäquivalents und die Feststellung der unveränderlichen Verhältnisse zwischen anderen Erscheinungsformen der Energie sollen daher nicht ausschliefslich als Beweise, sondern vielmehr als die Mittel betrachtet werden, wodurch die Anwendung der unumgänglichen erkenntnistheoretischen Gedanken verwirklicht wurde, wodurch den formalen grundlegenden Sätzen ein empirischer Inhalt gegeben wurde. Die Äquivalenzzahlen enthalten die empirische Bestätigung der schon a priori vorausgesetzten Verwandelbarkeit der Energiezustände und dienen zugleich dazu, den Inhalt des Prinzips zu verdeutlichen. Sie liefern den Nachweis „einer zwischen den Denk-

gesetzen und der objektiven Welt bestehenden vollkommenen Harmonie.[1] Dabei haben die theoretischen Prinzipien, deren man sich hier bedient hat, sich als vorzügliche Leitfäden der Forschung gezeigt und geben zugleich das allgemeine Ziel an, nach dem bei der Erklärung der Naturerscheinungen gestrebt werden soll.

Desto überraschender kommt daher ein Einwand vor, welcher gegen das allgemeine Verfahren Robert Mayers erhoben worden ist; denn wäre er stichhaltig, so müfste er gegen alle wissenschaftliche Methodik giltig sein. Der Einwand giebt daher Anlafs zu einer allgemeinen Betrachtung, weshalb er hier nicht übergangen werden soll. Es ist nämlich gesagt worden, dafs Robert Mayer kein Recht hatte, jene logischen Sätze an die Spitze seiner Untersuchung zu stellen, ehe man „den grossen Zusammenhang der Arbeitsäquivalente des Weltalls“ kannte, ehe „die Beständigkeit jenes Ens erfahrungsmäfsig nachgewiesen war.“[2] Nun ist sicher nicht hierbei gemeint, dafs Robert Mayer etwa das Gegenteil hätte voraussetzen müssen oder sollen, denn damit wären von vornherein alle weiteren Untersuchungen sinnlos geworden. Wir werden gleich hierauf zu zeigen versuchen, dafs ohne eine richtige Anwendung jener Mayer'schen Sätze das Prinzip von der Erhaltung der Energie nicht in seiner allgemeinsten Auffassung aufgestellt werden konnte, gerade wie es ohne dieselben nicht vollständig begründet werden kann. Aber abgesehen hiervon, warum dürfte Robert Mayer oder irgend ein anderer Forscher nicht logische Sätze oder Vermutungen in Bezug auf das Verhalten der Erscheinungen a priori aufstellen, falls dies in nicht dogmatischer Weise, sondern nur versuchsweise geschähe, falls sie als leitende Gesichtspunkte bei der Forschung betrachtet werden? Es ist ohne Zweifel wissenschaftlich, Voraussetzungen über den Zusammenhang der Dinge zu machen, welche später als richtig oder unrichtig nachgewiesen werden können; „sich eines Kompasses zu bedienen, um unter sicherer Führung auf dem Meere der Einzelheiten fortzusteuern.“[3] Besonders mufs dies zu empfehlen sein, wenn solche Annahmen sich nachher als die Mittel zur Erklärung der betreffenden Phänomen bewähren, indem erst durch die Einführung derselben ein Zusammenhang unter den an und für sich einzelnen und getrennt dastehenden Erscheinungen gestiftet werden kann. Wer sieht nicht

---

1) Mechanik S. 248.

2) Helmholtz, Vorträge und Reden, VI. Aufl., S. 409—410: „.... die in der Natur sich vorfindenden Arbeitsäquivalente erst dann als causa und effectus, von denen jener Satz redet, aufgefafst werden dürfen, wenn ihre Unzerstörbarkeit bewiesen ist, d. h. dasjenige als Voraussetzung schon feststeht, was unser Autor aus jenem Satze herzuleiten sich bemüht.“

3) Mechanik der Wärme, S. 46.

gerade in der Einführung eines solchen geistigen Bandes den Akt eines Genies und die Thätigkeit eines grofsen konstruktiven wissenschaftlichen Geistes?

Die Methoden Robert Mayers sind keine anderen als diejenigen, welchen alle grofsen Naturforscher von Kepler bis Faraday gefolgt sind: vor allem stimmen sie mit den Verfahrensweisen Galileis und Newtons überein, mit denen Robert Mayer in jeder Hinsicht eine grofse Geistesverwandtschaft beweist.[1] Keiner von diesen Forschern ist jemals vor dem Gebrauch von gewissen grundlegenden, nicht direkt beweisbaren Sätzen zurückgeschreckt. Bei der Aufstellung der Fallgesetze und Untersuchung des Falles auf der schiefen Ebene hat sich Galilei öfters ganz desselben Satzes bedient wie Robert Mayer — ex nihilo nihil fit — als eines letzten regulativen Prinzips der Natur. In der That ist dies ein Satz, an welchem jeder Naturforscher entweder bewufst oder unbewufst festhält und festhalten mufs, falls seine Untersuchungen nicht sinnlos, nicht grundlos sein sollen.[2] Hätte sich Joule nicht auf einen ähnlichen, allerdings theologischen Glaubensartikel gestützt, welcher ganz an die frühere Vorstellung Descartes erinnert, und welcher nur das zweifelhafte Verdienst hatte, einen unentbehrlichen, erkenntnistheoretischen Grundsatz durch einen Scheingrund zu verdecken, so hätte er schwerlich seine Experimentaluntersuchungen fortgesetzt, vielleicht nicht einmal begonnen.[3] Der echt philosophische Geist Robert Mayers

---

1) Weshalb Dührings Bezeichnung Robert Mayer's als des Galilei des 19. Jahrhunderts aus diesen sowohl wie aus anderen Gründen sehr treffend ist.

2) Wie treffend sagt Kant: „Alle Naturphilosophen, welche in ihrem Geschäfte mathematisch verfahren wollten, haben sich jederzeit (obschon sich selbst unbewufst) metaphysischer Prinzipien bedient und bedienen müssen, wenn sie sich gleich sonst wieder allem Anspruch der Metaphysik auf ihre Wissenschaft feierlich verwahrten. Ohne Zweifel verstanden sie unter der letzteren den Wahn sich Möglichkeiten nach Belieben auszudenken und mit Begriffen zu spielen, die sich in der Anschauung vielleicht gar nicht darstellen lassen und keine andere Beglaubigung ihrer objektiven Realität haben, als dafs sie blofs mit sich selbst nicht in Widerspruch stehen. Alle wahre Metaphysik ist aus dem Wesen des Denkvermögens selbst gewonnen und keineswegs darum erdichtet, weil sie nicht von der Erfahrung entlehnt ist, sondern enthält die reinen Handlungen des Denkens, mithin Begriffe und Grundsätze a priori, welche das Mannigfaltige empirischer Vorstellungen allererst in die gesetzmäfsige Verbindung bringt, dadurch es empirisches Erkenntnis d. i. Erfahrung werden soll.“ Vorrede zu metaphysischen Anfangsgründen der Naturwissenschaft IV, 362. Nur möchte ich solche Prinzipien nicht metaphysisch nennen, denn sie sind nur regulativer Natur, oder Postulate der Erfahrung und brauchen nicht ontologisch ausgelegt zu werden. Sie werden durch eine Analyse der Wissenschaft selbst gewonnen.

3) Auch Helmholtz hat sich bei seinen Beweisen für den Energiesatz offenbar an ähnlich formale Prinzipien gehalten. Vgl. Erhaltung der Kraft, S. 4. 6. 8. Wenn

hat ihn sowohl von allen derartigen theologischen und metaphysischen Scheinprinzipien und Beweisen — wie z. B. der sogenannte dritte Entdecker Colding angeführt hat, der aus der geistigen und immateriellen Natur auf die Unzerstörbarkeit der Kraft schließen wollte — als von dem Irrtum abgehalten, daſs die allgemeinsten Erfahrungsprinzipien durch ein bloſses generalisierendes Verfahren, durch einfaches Aufzählen von Beobachtungen und Anhäufung von Experimenten jemals gewonnen werden können.[1]

Da ein wissenschaftliches Experiment, wie oft richtig gesagt worden ist, immer eine Frage an die Natur bedeutet, so sind Experimente selbst nicht ohne vorhergefaſste Hypothese möglich. Denn wir experimentieren immer mit unseren Gedanken, weshalb die Resultate unserer Versuche uns so überzeugend vorkommen. Wo aber keine Gedanken vorhanden sind, deren Richtigkeit zu erproben wäre, da wird das Experiment selbst bedeutungslos bleiben und ein Fortschritt der Wissenschaft unmöglich sein. Wie kann man mit Experimenten anfangen, falls man nicht weiſs, was man zu beweisen oder zu prüfen habe? Jedes Naturgesetz, zu dessen Aufstellung die Erfahrung — Wahrnehmung — ohne Zweifel Veranlassung gegeben haben muſste, enthält zuerst eine Annahme oder Entwurf a priori, welcher in die Erscheinungen eingeführt, dann allmählich an der Erfahrung entwickelt wird und dessen Konsequenzen zuletzt durch einen mathematisch eingerichteten Versuch geprüft werden. So waren „die Fallgesetze erst rationell vollständig schematisiert und dann erst empirisch festgestellt."[2] Galilei ist zur Aufstellung der besonderen Schematen durch logische Erwägungen und mathematische Entwicklungen seiner Gedanken gekommen, ehe er die Erfahrung darüber befragte, ob diese richtig seien. Deshalb, obwohl ein jedes Naturgesetz ein Erfahrungsgesetz ist, ist es doch nicht in dem Sinne ein empirischer Satz, daſs es eine durch einfache Generalisation

---

er später glaubte (S. 53. 58), ohne solche allgemeinen theoretischen Gedanken auskommen zu können, so ist das eine Täuschung, wie bald gezeigt werden soll.

1) Daſs ohne solche theoretische Ideen, welche eine Verknüpfung oder eine Zusammenfassung der Thatsachen herstellen, die wissenschaftliche Forschung nicht möglich sei, giebt Mach offen zu. Siehe Prinzipien der Wärmelehre S. 391. Er scheint immerhin der Meinung zu sein, daſs solche Ideen später durch direkte Beschreibung ersetzt werden können und thatsächlich ersetzt werden, was uns ganz unmöglich erscheint. Vgl. Über das Prinzip der Vergleichung in der Wissenschaft. Die Inkongruität zwischen der empirischen Wirklichkeit und wissenschaftlichen Begriffsbildung, worüber Mach sich beklagt, wird wahrscheinlich in der Zukunft eher gröſser als geringer werden. Denn die theoretischen Wissenschaften entfernen sich immer mehr von dem Standpunkte der direkten Beschreibung, wie H. Rickert ausgeführt hat. „Grenzen der naturwissenschaftlichen Begriffsbildung", Kap. 3—6.

2) Dühring, Mechanik, S. 38.

oder Summierung von einzelnen Thatsachen und Wahrnehmungen, durch bloſse Vergleichung von vielen Fällen gewonnene Wahrheit wäre. Damit möchte ich gewiſs nicht behaupten, daſs irgend ein besonderes Naturgesetz, z. B. ein Kausalgesetz ein Satz a priori sei, daſs es ohne Erfahrung entdeckt oder bewiesen werden könnte, oder daſs es irgendwie notwendig sei in demselben Sinne, wie dies von dem Kausalprinzip selbst behauptet werden kann. Es soll damit nur gesagt werden, daſs solche Gesetze etwas anderes und etwas mehr enthalten, nämlich ein rationelles oder Denkelement, welches nicht rein in den Thatsachen selbst anzutreffen ist, und eine einfachere Auffassung der Erscheinungen als selbst unmittelbar in der Wahrnehmung zum Vorschein kommt.[1]

Niemals, und dies kann in Anbetreff der merkwürdigen Ausdrucksweisen, die öfters gehört werden, nicht zu viel betont werden, schweben die Gesetze in objektiver Gestalt über den Erscheinungen, noch liegen sie, noch werden sie sozusagen auf dem Rücken der Dinge getragen, so daſs sie gleichsam von denselben abzulesen wären.[2] Wäre dies der Fall, so könnte wohl ein jeder mittelmäſsiger, in Beobachtung geübter Kopf die Entdeckungen eines Keplers oder Newtons machen. Sie aber können nur vermöge einer Induktion gewonnen werden, die nicht ohne eine Analyse der Erscheinungen und gewaltige Gedankenarbeit möglich ist, und welche nicht, wie oft gedacht wird, eine Deduktion aus-, sondern umgekehrt in sich einschlieſst. Die scharfe Gegenüberstellung von Induktion und Deduktion und die Auffassung der ersten als gleichbedeutend mit einem bloſsen generalisierenden Verfahren, ohne dabei die Bedeutung der Zergliederung oder Reduktion der Erscheinungen und der Hypothesenbildung zu berücksichtigen, gehört zu den flachen und unzutreffenden Ansichten Bacons über wissenschaftliche Methodik, die seitdem durch seine empiristischen Nachfolger immer verbreitet werden.[3] Obwohl J. S. Mill in dieser Hinsicht weit richtiger als Bacon gedacht hat, und in manchem Punkte über ihn hinausgekommen ist, so deuten doch seine Ausdrucksweisen immer auf jene frühere und unhaltbare Auffassung des Wesens der Induktion als einer bloſsen Methode der Verallgemeinerung aus einzelnen Instanzen hin.[4]

---

1) Vgl. Lotze, Logik, 2. Aufl., S. 596. Riehl, Kriticismus III, 43, 44.

2) Vgl. z. B. Helmholtz: „That in d. Wahrnehmung" S. 13 u. 37. Vorträge und Reden, IV. Aufl., S. 395, dagegen denselben Autor in erster Schrift S. 37: Äuſserungen, die kaum gut zusammen stimmen.

3) Logik III, Kap. 3.

4) Vgl. Sigwart, Logik II, § 93, und Jevons Principles of Science XII und XXIII.

II. Nachdem nun diese Bedeutung der gedanklichen Bearbeitung der Thatsachen betont und die Aufstellung von Annahmen und Entwürfen a priori über die Naturerscheinungen als unentbehrlich zum Fortschritt der Wissenschaft nachgewiesen worden ist, möchte ich zu einer Besprechung der Grundlage des Prinzips von der Erhaltung der Energie zurückkehren. Es ist schon unsererseits behauptet worden, dafs ohne die von Robert Mayer angeführten theoretischen Gedanken der Beweis für das Prinzip nicht angefangen werden kann. Es kann auch nicht ohne dieselben vollendet werden. Ohne diese Sätze als Postulate der einzelnen empirischen Untersuchungen vorauszuschicken, kann weder der Ausgangspunkt zur Begründung des Energieprinzips gewonnen noch die Unzerstörbarkeit der Energie selbst überzeugend bewiesen werden. Die anderen zu diesem Zwecke unternommenen, von dem Mayerschen Standpunkte abweichenden Versuche haben thatsächlich weder ihr Ziel erreicht, noch sind sie im stande, dasselbe jemals zu erreichen. Bei allen diesen Beweisen handelt es sich um den Versuch, das Energieprinzip auf immer allgemeinere und noch allgemeinere „reine" Erfahrungssätze zurückzuführen, die deshalb einen gröfseren Schein von Selbstverständlichkeit erwecken, die aber, wie nicht unschwer zu zeigen ist, alle weniger allgemeiner Natur sind als das zu begründende Prinzip selbst.

a) Bekanntlich ist es unternommen worden, den Satz von der Erhaltung der Energie auf die mechanische Naturauffassung zurückzuführen, wovon die Helmholtz'sche Hypothese der Centralkräfte als ein spezieller und jetzt historisch berühmt gewordener Fall zu betrachten ist. Nach dieser Annahme sollen alle Wirkungen in der Natur in solche Kräfte aufgelöst werden können, die in der Richtung ihrer Verbindungslinien wirken und deren Intensität aufser von der Gröfse der Massen allein von der Entfernung abhängig ist — die dem Newtonschen Wechselwirkungsprinzip genügen würden. Nun ist es erstens nicht bewiesen, dafs eine solche Annahme sich wirklich überall durchführen läfst; und zweitens ist die Wahrheit des Energieprinzips nicht notwendig mit einer solchen Auffassung verbunden, denn das Prinzip könnte und würde doch wohl gelten, falls die besondere Annahme sich als falsch oder unmöglich herausstellte. Es scheint in der That, als ob jene Hypothese immer unwahrscheinlicher werde. Folglich darf und kann jene Annahme nicht zum Ausgangspunkt einer Ableitung des Energieprinzips dienen, ohne dafs das letztere auf einer ganz hypothetischen Grundlage basiert und damit in einer ganz unnötigen und unberechtigten Weise eingeschränkt wäre.

Aufserdem fragt es sich, ob in der Annahme von Centralkräften das Energieprinzip nicht schon enthalten sei und es sich daher nicht

um ein bloſses analytisches Verfahren oder vielleicht eine petitio principii handele, wenn man die Giltigkeit des letzteren Satzes aus jener Annahme ableiten will.[1]

Ähnliches gilt zu sagen in Bezug auf alle Versuche, das Energieprinzip auf irgend welcher Form der mechanischen Naturauffassung zu basieren, z. B. von der zuletzt aufgestellten Ansicht von Hertz, mit der älteren Ansicht Descartes übereinstimmend, wonach alle Energie kinetischer Natur sein müſste. Aus der Hypothese von verborgenen Massen und seinem Grundgesetze kann Hertz nur die Konstanz der Energie für das mechanische, nicht aber für das chemische oder physikalische Gebiet ableiten, d. h. nur das Prinzip von der Erhaltung der lebendigen Kraft, nicht das allgemeine Prinzip von der Erhaltung der Energie kann hieraus gefolgert werden. Das letzte Prinzip ist offenbar allgemeinerer Natur als das Grundgesetz.[2] Wäre das letztere einmal aufgegeben oder die Hypothese als unhaltbar nachgewiesen — und sie ist an und für sich keineswegs notwendig — so würde hiermit gegen die Giltigkeit des Energieprinzips nicht das Geringste ausgemacht werden.

Die Wahrheit des letzteren Prinzips ist gewiſs unabhängig von der Richtigkeit oder Unrichtigkeit der besonderen Hypothesen, welche vorläufig in Bezug auf den ursprünglichen Aggregatszustand der Materie oder Natur der Energie aufgestellt werden. Alle diese können als mehr oder weniger vorübergehender Natur betrachtet werden, mit denen das Energieprinzip weder gesetzt noch aufgehoben wird. Vielmehr scheint es umgekehrt richtiger, ja notwendig zu sein, daſs sich unsere Ansichten über Materie und Kraft nach der Forderung des Energieprinzips in erster Linie richten müssen. Wenn man daher gemeint hat, daſs, falls es vollständig harte inelastische Körper — Atome — gäbe, das Energieprinzip nicht überall gelten würde, und in dieser Möglichkeit eine Einschränkung, ja den Anlaſs zu einem Zweifel in Bezug auf seine Allgemeingiltigkeit erblickt hat, so muſs gefragt werden, was treibt uns dazu, diese Möglichkeit vorauszusetzen oder zu überlegen? Bis jetzt sind derartige Körper noch nicht entdeckt worden. Warum soll nicht nun vielmehr das Energieprinzip als Richtschnur dienen zur Prüfung der Zulässigkeit einer solchen Voraussetzung?

Die Ansicht, daſs in letzter Linie alle physikalischen und chemischen Veränderungen als Resultat von anziehenden und abstoſsenden

---

1) Vgl. Groſs, S. 48—52.

2) Mechanik S. 32, 33, 166, 172. Das Grundgesetz ist in Bezug auf Systeme dritter Klasse, nämlich organischer Art, eine durchaus unwahrscheinliche Hypothese.

Kräften zwischen Atomen oder überhaupt sonst nach Bewegungsgesetzen zu erklären seien, ist weder bewiesen noch steht sie unbezweifelt da. Sogar als letztes Ziel der Forschung ist sie neuerdings von naturwissenschaftlicher Seite sehr stark, wenn auch vielleicht nicht immer in verständlicher Weise, angegriffen und kann daher durchaus nicht für eine selbstverständliche oder notwendige Auffassungsweise der Naturerscheinungen gehalten werden.[1] Sie ist sicher nicht mehr als eine mögliche Hypothese, welcher durchaus nicht derselbe Grad der Allgemeinheit oder Gewifsheit zugeschrieben werden darf, der für die Erhaltung der Energie in Anspruch genommen werden kann.

Es ist gewifs ein Zeichen sowohl für den logischen Scharfsinn als für die umfassende Denkart Robert Mayers, dafs er seine Begründung des Energieprinzips ganz frei hielt von allen hypothetischen Vorstellungen, Modellen (Maxwell) oder Scheinbildern (Hertz) über das innere Verhalten der Kräfte und Materie.[2] Wie das Prinzip der Er-

---

1) Insbesondere von Mach in seiner „Mechanik", „Prinzipien der Wärmelehre" etc. Das allgemeine Argument, dafs das Zwingende und Bestechende in der mechanischen Weltanschauung als blofses Resultat der Gewohnheit und längeren Beschäftigung mit diesem Ziel der Forschung zu erklären sei, ist gewifs unzutreffend. Die Stärke und Macht dieser Auffassung der Natur liegt vor allem in ihrer gröfseren begrifflichen Einfachheit und unvergleichlichen Anschaulichkeit im Vergleich mit anderen Hypothesen, wodurch am besten das logische Erklärungsbedürfnis der Menschen zu befriedigen ist. Ein Zweifel kann aber gewifs bestehen, ob nicht die Vereinfachung in diesem Falle zu weit getrieben sei; ob sich die Mannigfaltigkeit der Dinge nach so wenigen und durchsichtigen Schematen auffassen oder begreifen lasse.

2) Nur in Bezug auf solche Bilder und Hilfsmittel der Darstellung und vorläufig unbestätigte empirische Gesetze leuchtet die Richtigkeit des ziemlich vieldeutigen Satzes von Hertz ein: „Doch kann, was aus der Erfahrung stammt, durch Erfahrung wieder vernichtet werden", Mechanik S. 11, obwohl Hertz denselben auf die Grundsätze der Mechanik anwenden möchte, wobei er wenigstens dem Ausdrucke nach einen ähnlichen Standpunkt wie Hume einnehmen würde. Dagegen ist zu bemerken: ist ein Gesetz einmal wirklich in mathematischer Form bestimmt und bewiesen, so wird es nicht durch spätere Erfahrungen vernichtet, d. h. als unwahr gezeigt, aber es kann in einem anderen noch umfassenderen Gesetze aufgenommen werden, wobei es keineswegs widerlegt wird. Es wird hierdurch nur gezeigt, dafs das frühere Gesetz keinen allgemeinsten Grundsatz bildete, wie z. B. das erste Kepler'sche Gesetz durch das Gravitationsgesetz seine nähere Erklärung gefunden hat. Das Gesetz der schiefen Ebene und das Prinzip der Parallelogramme der Kräfte z. B. wurde nicht durch das Energieprinzip aufgehoben, sondern umgekehrt können beide als besondere Fälle des allgemeinen Prinzips nachgewiesen werden. Es kann daher vernünftigerweise nur ein Zweifel darüber existieren, ob die gewonnenen Gesetze die einfachsten seien, nicht aber (wenigstens nur in einigen Fällen, wo wegen besonderer Umstände die Versuche nicht entscheidend waren, in welchem Falle das Gesetz nicht als bewiesen angesehen werden kann), ob diese thatsächlich richtige und wahre Erkenntnisse enthalten. Damit aber die Sicherheit der letzteren unangetastet bleibt, ist es notwendig, zwischen der mathematischen Formulierung und Zusammenfassung der

haltung des Stoffes unabhängig von allen Annahmen in Bezug auf die besonderen Arten und letzten Gruppierungsweisen desselben aufgestellt worden ist, so giebt das Prinzip von der Erhaltung der Energie, unabhängig von allen Annahmen über das Wesen derselben, Auskunft über die Gesetze der Energieveränderungen und ist gänzlich unabhängig von allen Voraussetzungen aufgestellt worden. Es ist eine falsche Meinung, die übrigens eine vollständige Unkenntnis von dem wirklichen Gange der Sache beweist, dafs etwa die Einsicht in die Bewegungsnatur der Wärme auf die moderne Energielehre geführt habe. Verhielte sich die Sache wirklich so, so müsste Bacon, dem jeder Sinn für die Bedeutung der exakten Naturwissenschaft fehlte, als ein Vorläufer der neuen Wärmelehre angesehen werden. So weit aber war der erste Begründer der Lehre von jener mechanischen Ansicht entfernt, dafs seine Auffassung des Kausalverhältnisses ihn zwang, gerade das Gegenteil anzunehmen und zu behaupten, dafs die Bewegung, welcher Art sie auch sei, um Wärme werden zu können, aufhören müsse, Bewegung zu sein.[1] Auch sei hier wiederum betont, dafs die Notwendigkeit einer mechanischen Naturauffassung nicht aus dem Energieprinzip gefolgert werden kann, dafs kein notwendiger Zusammenhang zwischen beiden besteht.

b) Als hauptsächlichen Ausgangspunkt für die Ableitung des Prinzips von der Erhaltung der Energie hat zuerst Helmholtz, an dessen Auffassung andere Forscher sich später angeschlossen haben, den Satz vom ausgeschlossenen Perpetuum Mobile aufgestellt.[2] Dieser soll der allgemeinste Erfahrungssatz sein, welcher unabhängig von jeder besonderen Naturauffassung als Grundlage für den Energiesatz samt allen seinen Konsequenzen dienen kann. So sagt Helm: „Es liegt ja auf der Hand, dafs dieser Satz eben nur ein Ausdruck der Erfahrungen ist, auf denen sich Robert Mayers Gedankenfolge aufbaut (!), dafs er erkenntnistheoretisch beurteilt, nicht höher oder tiefer (!!) steht als Mayers Hervorhebung unzerstörbarer, aber wandelbarer Ursachen. Aber

---

Thatsachen vermittelst des Gesetzes und den verschiedenen fundamentalen physikalischen Theorien, wodurch der Inhalt derselben veranschaulicht wird, zu unterscheiden. Diese Theorien sind nicht unveränderlich wie die durch die Gesetze ausgedrückten konstanten Gröfsenbeziehungen zwischen den Erscheinungen, weil es kaum je gezeigt werden kann, dafs sie die einzig mögliche Darstellungsweise der unsichtbaren Phänomen bilden und in Übereinstimmung mit allen und im Widerspruch mit keinen bekannten Thatsachen stehen. In dieser Hinsicht haben die Ausführungen von Maxwell, „Matter and Motion“, und Mach aufklärend gewirkt.

1) Mechanik der Wärme S. 28.

2) Helmholtz, Erhaltung der Kraft, 1847, und Zusätze, 1881, abgedruckt in Ostwalds Klassikern der exakten Wissenschaften. Helm, Lehre von der Energie, 1887. Planck, Das Prinzip von der Erhaltung der Energie, 1887.

logisch ist er wertvoller, da er genau das, nicht mehr und nicht weniger vom Naturlaufe aussagt, als nötig ist, um das Energieprinzip zu begründen".[1] Auch Helmholtz ist ähnlicher Meinung und behauptet, der Satz vom ausgeschlossenen Perpetuum Mobile sei „eine durch viele vergebliche Versuche es zu leisten (nämlich ein physikalisches Perpetuum Mobile zu konstruieren) allmählich gewonnene Induktion".[2]

Ohne die Richtigkeit des Helmholtz'schen, eigentlich Bacon'schen, Begriffs der Induktion näher prüfen zu wollen, was nach den früheren Ausführungen als teilweise überflüssig erscheinen könnte, ist doch sehr zu bezweifeln, dafs dieser Satz thatsächlich in der Art und Weise gewonnen sei, wie Helmholtz meint; dafs er jemals durch eine noch so grofse Anzahl von derartigen Experimenten rein negativer Natur gewonnen werden könnte. Denn nach wie vielen Versuchen darf der Satz als bewiesen gelten? Man kann in diesem Falle allein jene armselige Sammelmethode der übereinstimmenden Fälle anwenden, wobei nur die Unmöglichkeit des Könnens, nicht aber das Ausgeschlossensein der Sache selbst konstatiert werden kann. Wie weifs man, dafs es später nicht anders sein könne? Es wäre ganz wohl möglich im Laufe des gröfseren Fortschritts der wissenschaftlichen Technik, dafs man feinere Experimente aussinnen könnte, vermittelst deren ein Verschwinden oder Entstehen von Energie nachweisbar wäre. Man könnte kaum meinen, dafs jene früheren mehr oder weniger rohen Versuche ausreichen können, ein umfassendes Naturprinzip über allen Zweifel zu erheben.[3] Wenigstens ist nicht einzusehen, wo man bei diesem Experimente aufhören sollte; oder warum es heutzutage unsinnig wäre, dieselben noch weiter fortzusetzen.

Aber abgesehen von allen solchen Bedenken läfst sich die Brauchbarkeit jenes Satzes vom ausgeschlossenen Perpetum Mobile für die Begründung des Energieprinzips in unzweideutiger Weise entscheiden. Denn gesetzt, dafs die Unmöglichkeit, eine solche physikalische Ein-

---

1) Helm, Energetik 1898, S. 35.

2) Erhaltung der Kraft, S. 58. Vgl. auch Helm, Energetik, S. 37.

3) Mach hat in seiner „Erhaltung der Arbeit" in überzeugender Weise gezeigt, dafs dem Satz vom ausgeschlossenen Perpetuum Mobile ein Gedanke zu Grunde liegt, welcher viel älter ist und viel tiefer greift als alle mechanischen Versuche und Vorstellungen, nämlich die Überzeugung: „Aus nichts wird nichts", welche eine negative Ausdrucksweise für den Satz vom Grunde ist. Von der Auffassung des ausgeschlossenen Perpetuum Mobile-Prinzips als eines Erfahrungssatzes kann daher nicht die Rede sein, es enthält eine logische Wurzel. Es ist interessant, wiederum zu bemerken, dafs auch Helmholtz selbst schliefslich bei seiner Beweisführung, Erhaltung der Kraft S. 8, genötigt war, auf einen ähnlichen logischen Gesichtspunkt zurückzukommen, wie schon Stevin und Galilei vorausgesetzt hatten.

richtung zu konstruieren, welche, ohne sich selbst zu erschöpfen, fortwährend im stande wäre, mechanische Arbeit zu leisten, sicher bewiesen sei, so hätte man damit nur einen Teil, genauer gesprochen, nur die logische Hälfte des Energieprinzips gewonnen. Man wäre hiermit im stande, die Unmöglichkeit einer Erschaffung neuer Energiesummen zu behaupten — aus nichts wird nichts — nicht aber die Unmöglichkeit ihrer Vernichtung — nichts wird zu nichts. Von einem reinen Erfahrungsbeweis dieser letzteren Behauptung kann gewiſs nicht die Rede sein. Gerade aber die Hervorhebung des letzteren bis dahin übersehenen oder gar nicht beachteten Gesichtspunktes charakterisiert die originelle und umfassende Formulierung des Prinzipes bei Robert Mayer: und erst indem die beiden Behauptungen, nämlich die der Unzerstörbarkeit und die der Unerschaffbarkeit, verbunden werden, ist das ganze Prinzip der Konstanz der Energie gewonnen. Es ist daher klar, daſs das letztere Prinzip als eine Basis für die Unmöglichkeit eines Perpetuum Mobile gelten, nicht aber umgekehrt jenes auf diesem begründet werden kann.[1] Wer das unternähme, würde ein umfassenderes auf einen weniger allgemeinen Satz zurückzuführen versuchen, was logisch betrachtet ein widersinniges Verfahren wäre. Und abgesehen hiervon verlangt der Beweis für den Satz vom ausgeschlossenen Perpetuum Mobile die Erfüllung einer Bedingung, welche allein durch das Energieprinzip verbürgt werden kann; nämlich daſs der Anfangszustand eines Systems, welches einen Prozess durchgemacht hat, bei rückgängiger Anwendung desselben wieder erreicht werden kann. Setzt man diese letzte Möglichkeit voraus, so hat man das Prinzip von der Erhaltung der Energie stillschweigend angenommen.[2]

---

1) Helmholtz selbst berichtet: „Ich habe selbst diese Überzeugung (nämlich von der Unmöglichkeit eines Perpetuum Mobile) schon während meiner Schulzeit oft genug aussprechen und die Unvollständigkeit der dafür zu erbringenden Beweise erörtern hören“, Erhaltung der Kraft S. 58. Natürlich, denn das Prinzip fehlte, worauf sich diese Unmöglichkeit stützen konnte. Daſs ein Zusammenhang zwischen dem Perpetuum Mobile-Satz und Energiesatz vorhanden sei, hat Robert Mayer nicht übersehen; ebensowenig ist es ihm entgangen, daſs man das letztere nicht aus dem ersteren ableiten durfte. Denn es handelte sich für ihn hierbei um einen „in der Wissenschaft allgemein angenommenen Satz“, für welchen ein hinreichender theoretischer Beweis noch nicht vorhanden war. Kl. Schriften u. Br. S. 193.

2) Dies ist offenbar bei den Ausführungen von Planck, S. 139—142, der Fall. Indem er den Perpetuum Mobile-Satz so formuliert: „Positiver Arbeitswert kann weder aus nichts entstehen noch in nichts vergehen“, S. 139, hat er schon das Energieprinzip aufgestellt. Denn der letztere Teil dieser Behauptung folgt durchaus nicht aus dem Perpetuum Mobile-Satz noch kann er, wie Planck wohl weiſs, als irgendwie experimentell beweisbar angesehen werden. Planck überschätzt gänzlich die Leistungsfähigkeit des Perpetuum Mobile-Satzes, wie H. Klein, Deduktion des

c) Man hat endlich in der Feststellung des mechanischen Wärmeäquivalents und der verschiedenen Äquivalenzzahlen den einzigen Beweis für die Wahrheit des Energieprinzips erblicken wollen. Das Prinzip soll nichts weiter sein als ein empirischer Satz, dessen Wahrheit allein von den Experimentaluntersuchungen abhängig ist und deshalb auf dasjenige Gebiet eingeschränkt werden mufs, für welches bis jetzt die Versuche thatsächlich ausgeführt worden sind. Gerade wie der Satz von der Erhaltung der Materie, so ist auch der Satz von der Erhaltung der Energie lediglich als eine Verallgemeinerung aus einem bestimmten Kreis von Erfahrungen anzusehen und darf nicht über dieselben für sicher gehalten werden. Hiernach ist es nicht inkonsequent, die Möglichkeit der Entstehung von neuen Summen von Energie, sowie neuer Quantitäten von Materie in Betracht zu ziehen und zugleich jene alte, von jeher mit einer rationellen Auffassung des Kausalbegriffs unvereinbare Wechselwirkung zwischen physischen Vorgängen und psychischen Erscheinungen zu behaupten.[1]

Beweist nun wirklich das Experiment die Konstanz oder Unzerstörbarkeit der Energie; oder überschätzt man nicht in dieser Hinsicht seine Leistungsfähigkeit? Können die Äquivalenzzahlen allein die quantitative Unveränderlichkeit und Identität der Energie bei ihren Veränderungen begründen? Das Experiment zeigt eine gewisse Proportionalität, z. B. zwischen Wärme und Bewegung, welche, indem beide Erscheinungen als Energiemengen aufgefafst werden, durch ein quantitatives Gleichheitsverhältnis ausgedrückt werden kann. Damit ist aber gewifs nicht das Enthaltensein der einen in der anderen bewiesen; nicht, dafs die eine Energieform in die andere übergegangen sei. Warum sollte es sich nicht um eine gleichzeitige Vernichtung und Erschaffung von gleichen Quantitäten Energie handeln da, wo Bewegung verschwindet und Wärme oder Elektricität darauf entsteht; und nicht statt dessen, wie wir annahmen, um eine Verwandlung von etwas Unzerstörbarem? Hierdurch wäre der Anschein der Konstanz dieses Etwas aufrechterhalten und keine noch so grofse Anzahl von Versuchen ist im stande oder wird je im stande sein, das Gegenteil zu beweisen. Wenn wir aber nun die Unzerstörbarkeit dieses Etwas behaupten, wie gewifs jeder Naturforscher heutzutage mit Sicherheit thut, so mufs man sich, wie ich glaube, auf

---

Prinzips der Erhaltung der Energie 1889, S. 47, schon bemerkt hat. Ganz richtig behauptet Mach hingegen, dafs der erste Satz, obwohl sehr verwandt, nicht identisch, sondern weniger umfassender Natur sei als das Energieprinzip (Prinzipien der Wärmelehre S. 316. 326), aber weder er noch H. Klein, der augenscheinlich ähnlicher Ansicht ist, hat das logische Verhältnis der beiden Sätze ganz genau bestimmt.

1) Vgl. Sigwart, Logik II § 97b und § 100.

andere als reine Erfahrungsgründe oder das Ergebnis des Experiments stützen. Wenn daher Sigwart behauptet, dafs der Satz, dafs im Gebiete des materiellen Geschehens „die Wirkungsfähigkeit einer Ursache sich in dem Mafse erschöpfe, als sie an einem anderen Objekt einen Effekt hervorbringe", ein aus gewissen Vorgängen der anorganischen Natur abstrahierter Satz und deshalb empirischer Natur sei, also nicht aus dem allgemeinen Kausalbegriffe abgeleitet werden könne[1], so scheint mir die Antwort hierauf nicht zweifelhaft zu sein. Erstens entspricht diese Auslegung keineswegs der thatsächlichen Entwickelung der Lehre, denn jener Satz ist soweit davon entfernt, eine blofse Verallgemeinerung aus einer beschränkten Erfahrung zu sein, dafs er vielmehr, wie wir schon zu zeigen versucht haben, die Voraussetzung bildete, unter welcher die empirische Realität untersucht und unter welcher die Lehre von der Verwandlung und Einheit der Energieformen thatsächlich aufgestellt wurde. Und zweitens ist zu bezweifeln, ob, falls dieser Satz von der Erschöpfung der Ursache durch ihre Wirkung nicht aus dem Begriffe der substantiellen Kausalität gefolgt sein könnte, er jemals angenommen oder formuliert worden wäre. Denn woher soll er sonst stammen? Niemals können die Versuche oder thatsächlichen Beobachtungen beweisen, dafs eine verschwundene Gröfse wirklich die Ursache einer neu entstehenden Gröfse sei, falls der Gedanke der Unerschaffbarkeit und Unzerstörbarkeit nicht schon vorausgesetzt wird. Steht dieser Gedanke schon da, und es scheint mir, dafs er zugegeben werden mufs, falls man an dem Grundsatz der Konstanz des Erfahrungsinhalts festhalten will, ohne welchen eine wissenschaftliche Erfahrung selbst nicht möglich ist, so ist die Erschöpfung und Verwandlung der Ursachen in ihre Wirkungen eine einfache Folge desselben. Die Erschöpfungsidee wird notwendig durch die Anwendung des Substanzbegriffes auf die Veränderung bedingt. Wärme und Bewegung sind beides für sich einzelne und getrennte Erscheinungen; erst indem ein Zusammenhang zwischen den Erscheinungen vorausgesetzt wird, ist es sicher, dafs die Wärme nur auf Kosten und durch Aufhören der Bewegung entstehen kann.

Das Erhaltungsprinzip der Substanz und sein Corollar, das Prinzip der Gröfsenkonstanz der Veränderungen, sind notwendig zur Begründung des Energieprinzips, weil die empirische Erfahrung diskontinuierlich und fragmentarisch ist. Wir können die Energie nicht bei jeder Veränderung verfolgen. Deshalb, da es Grenzen der Beobachtung giebt,

---

1) Logik II, 528. Vgl. auch die Einwände von König gegen Mayer, Entwicklung des Kausalproblems II, S. 444 et seq., die denen von Helmholtz ähnlich sind.

giebt es keinen empirischen Beweis für das Prinzip und kann es niemals einen geben.[1] Warum sollte nicht bei den zahlreichen Naturprozessen, von denen keiner verfolgt worden ist und von denen keiner rückgängig wird, Energie ganz verschwinden, beziehungsweise von neuem entstehen?

Es fehlt in der That nicht an Versuchen, die sich auf solche Grenzen der Beobachtung und des Wissens berufen, um die Konsequenzen des Energieprinzips zu widerlegen, vor allem um die psychophysische Einheitslehre aus dem Wege zu schaffen, welche mit Notwendigkeit aus dem Prinzip der Gröfsenkonstanz der Veränderungen folgt. Denn das Energieprinzip hat den Erfahrungsnachweis dafür geliefert, dafs das materielle Geschehen ein an und für sich vollständig abgeschlossenes System bildet. Weil die physische Kausalität einen lückenlosen Zusammenhang bietet, so bleibt keine Energie übrig, welche von dem Centralnervensystem aus, in der Form einer Idee oder Empfindung auftreten konnte. Man sucht sich nun gegen diese Folge mit einem Argument zu helfen und damit die populäre dualistische Auffassung wiedereinzuführen, was an die Art und Weise erinnert, in welcher man von jeher untergrabene Lehren aufrechtzuerhalten versucht hat. Es ist möglich, so meint man, dafs verschwindend oder unendlich kleine Mengen Energie sich unseren Messungen entziehen und aus dem physiologischen in das psychische Gebiet übergehen; es könnte z. B. die Einleitung eines Vorganges durch einen Willensakt stattfinden und dabei eine so kleine Energiemenge verbraucht werden, dafs wir von derselben keine Kenntnis haben können.[2] Und umgekehrt sollte es bei physiologischen Vorgängen möglich sein, dafs eine infinitesimale Energiegröfse aus der Kette der physiologischen Veränderungen verschwindet und als eine Empfindung oder Vorstellung auftritt. Hiernach würden die entdeckten Äquivalenzzahlen ihre volle Giltigkeit behalten, da wir hier mit Quantitäten zu thun hätten, welche zu kontrollieren unsere Instrumente nicht im Stande sind.

Die Schwäche und Unzulänglichkeit eines solchen Arguments liegt offen zu Tage. Abgesehen von der falschen Unendlichkeitsvorstellung, welche einer solchen Auffassung zu Grunde liegt, ist vor allem zu bemerken, dafs eine Gröfse, die für unsere Sinne

---

1) Diese Grenze der Erfahrung ist Robert Mayer nicht entgangen. Vgl. Kl. Schriften und Briefe S. 176.

2) Ohne sich derartiger Argumente zu bedienen, meinte Robert Mayer, obwohl der geistige Einflufs nicht bewege, so könne er doch immerhin den Vorgang lenken, wie der Steuermann das Schiff. Mechanik der Wärme S. 87. Aber zur Lenkung ist doch eine Arbeitsgröfse nötig und woher soll sie kommen?

verschwindend klein wäre, immerhin für das Denken, für den Verstand eine reelle Gröſe bleibt. Diese Gröſse kann nicht Nichts sein, weil keine Ursache oder Wirkung mit der Gröſse Nichts gedacht werden kann. Durch eine Anhäufung von solchen endlichen Quantitäten würde schlieſslich eine ganz ansehnliche Summe Energie entweder verloren gegangen oder umgekehrt von neuem gewonnen sein. Damit wäre, ohne daſs ein thatsächlicher Beweis dafür vorläge, das Energieprinzip einfach durchbrochen. Und nicht nur das Energieprinzip wird durch eine solche Auffassung durchbrochen, sondern dieselbe ist nicht einmal mit einer strengen und konsequenten Anwendung des Kausalprinzips vereinbar. Durch eine Vermehrung, beziehungsweise Vernichtung solcher Erfahrungselemente müſste eine Unordnung in der Natur immer mehr und mehr um sich greifen. Statt ein Zusammenhang der Erscheinungen nach bestimmten und unveränderlichen Verhältnissen müſste umgekehrt eine Zusammenhangslosigkeit derselben immer sichtbarer werden. Und doch, obwohl diese Wechselbeziehung seit Jahrtausenden stattgefunden haben soll, ist bis jetzt nichts davon bemerkt worden. Umgekehrt müſste es sehr leicht sein, denselben, wenn nicht im einzelnen, so doch im ganzen erfahrungsmäſsig empirisch zu konstatieren. Daſs dies noch nicht gelungen ist, enthebt uns der Notwendigkeit, uns mit dieser Möglichkeit zu befassen. Gesetzt daher, daſs das Energieprinzip wirklich nur ein empirischer Satz sei, so dürfen wir ihn doch als durchaus wahr betrachten, bis das Gegenteil durch eine unzweifelhafte Instanz bewiesen ist. Es liegt hier den Gegnern ob, eine Ausnahme zum Prinzipe zu entdecken. Alle bisherige Erfahrung spricht gegen eine solche Annahme. Man beruft sich daher auf bloſse Möglichkeiten, nicht einmal auf Wahrscheinlichkeiten. Diese Art, die Giltigkeit eines umfassenden Naturprinzips in Zweifel zu ziehen, erscheint uns so wenig philosophischer Natur, daſs sie vielmehr gleich einer Zuflucht zum Prinzipe der Unwissenheit zu erachten ist.[1]

---

1) Es gehört nicht zur Aufgabe dieser Schrift, die vexata quaestio des psychophysischen Parallelismus weiter zu erörtern. Es sollte nur gezeigt werden, daſs man nach keiner Auffassung des Prinzips von der Erhaltung der Energie logisch berechtigt ist, die Wahrheit desselben in Zweifel zu ziehen, um einer Wechselwirkungstheorie des Physischen und Psychischen Eingang zu verschaffen. Zu dieser Frage seien folgende allgemeine Bemerkungen gestattet. Der einzige Weg, so viel ich einsehen kann, der aus dem Energieprinzip sich ergebenden parallelistischen Lehre zu entgehen und damit diejenige von einem Kausalzusammenhang zwischen Physischem und Psychischem beizubehalten, läge in der Möglichkeit, den Begriff der Energie auf die psychischen Erscheinungen anzuwenden. Es wäre dann notwendig zu zeigen, daſs eine Energiegröſse thatsächlich vom physikalischen in das psychologische Gebiet und umgekehrt übergehe, wobei keineswegs das Prinzip der Konstanz der Energie durchbrochen zu werden brauchte. Hierzu müſste aber eine Empfindung oder Vor-

Abgesehen von den vorhin erwähnten Gründen scheint mir die Auffassung des Energieprinzips als eine einfache Verallgemeinerung aus der Erfahrung wirklich nicht der logischen oder systematischen Bedeutung desselben zu entsprechen. Auf experimentellem Wege allein kann man nicht einmal die allgemeinsten Prinzipien der Mechanik, z. B. das erste Bewegungsgesetz und Prinzip der virtuellen Geschwindigkeiten begründen. Denn es ist thatsächlich nicht einzusehen, obwohl dies öfters behauptet wird, wie die Wahrheit des ersten Gesetzes, welches als ein spezieller Fall des Energiesatzes anzusehen ist, erfahrungsmäſsig dargethan werden kann, da das Schema desselben niemals rein in der Erfahrung verwirklicht worden ist. Nun ist das Energieprinzip der allgemeinste Satz, welcher als letzte Voraussetzung und als Ausgangspunkt für die Ableitung aller mechanischen Prinzipien dienen kann. Es scheint mir daher, daſs seine Giltigkeit sicher denjenigen Grad der Gewiſsheit überragt, welcher einem gewöhnlichen Naturgesetze zukommt, da es sowohl wie der Satz der Erhaltung der Materie eine unerläſsliche Bedingung eines Zusammenhanges zwischen der Gesamtheit der Erscheinungen der äuſseren Natur enthält.[1] Das

---

stellung etc. als eine bestimmte Energiegröſse betrachtet und als solche direkt meſsbar und gemessen werden, was uns als unmöglich vorkommt. Bis jetzt wenigstens kann von irgend einem einigermaſsen befriedigenden derartigen Versuch nicht die Rede sein; und sind die psychischen Erscheinungen selbst nicht wirklich direkt meſsbar, so ist die Möglichkeit einer solchen Lösung für alle Zeit ausgeschlossen. — Was die Gegnerschaft zur psycho-physischen Einheitslehre (Parallelismus) betrifft, so zeigt sie wenig Verständnis für die Motive, welche zu dieser Auffassung zwingen, wenn man glaubt, daſs dieselben in der alten Annahme von der ausgeschlossenen Wechselwirkung zwischen zwei heterogenen Substanzen oder in der Forderung der Gleichartigkeit zwischen Ursache und Wirkung liegen. In Wahrheit sind derartige metaphysische Überlegungen nicht maſsgebender Natur. Die Gründe dieser Lehre sind vor allem in dem Kausalprinzip als Prinzip der Gröſsenkonstanz der Veränderungen und in der durch das Energieprinzip bedingten Ansicht von der geschlossenen physischen Kausalität zu suchen. Wer sich daher mit der psycho-physischen Einheitslehre abfinden will, muſs sich vor allem mit dem Begriffe des Grundes der Veränderung auseinandersetzen. Dies hat Sigwart klar anerkannt (Logik II, 97 b), faſst aber diesen Begriff nicht in der scharfen und präcisen Weise wie Robert Mayer, weshalb das Kausalprinzip, wie mir scheint, bei ihm nicht weniger vieldeutig ist als bei Hume. Und doch behauptet er, daſs zur sicheren Feststellung eines Kausalverhältnisses eine quantitative Bestimmung der Erscheinungen nötig und eine gegenseitige Proportionalität zwischen Ursache und Wirkung erforderlich sei. II, 482.

1) Siehe Graetz, Physik S. 32. Lediglich durch eine gewisse Form des Ausdrucks unterscheidet sich, meint Mach, das Gesetz von der Erhaltung der Kraft von anderen Naturgesetzen. Erhaltung der Arbeit S. 45 und Prinzipien der Wärmelehre S. 340. Es ist nicht ganz klar, was Mach hier unter Form versteht. Er unterscheidet drei Faktoren in dem Prinzipe, einen experimentellen, logischen und formalen. Ob die zwei letzteren nicht dasselbe sind? Wenn aber nach ihm der Satz vom ausgeschlossenen Per-

Prinzip ist als ein allgemeinstes, materielles Postulat der Forschung anzusehen, welches nicht nur alle wahrgenommenen, sondern alle möglichen Naturerscheinungen umfassen kann. Es ist ferner als ein Leitprinzip bei den Untersuchungen meſsbarer Phänomene zu betrachten, vermittelst deren wir möglicherweise auf neue Gesetzmäſsigkeiten geführt werden können. Es handelt sich daher bei allen Untersuchungen über die Veränderungen materieller Natur um die Auffindung und Feststellung solcher Beziehungen zwischen den Phänomenen, welche der Forderung des Prinzips entsprechen. Wir stimmen deshalb hier mit Helm überein, wenn er sagt: „das Experiment bleibt immer ein Hilfsmittel im Dienste der Idee. Durch die experimentellen Ermittelungen des Äquivalenzwertes wird unser Wissen von der Energie erweitert, aber nicht begründet.“[1]

In dieser Hinsicht steht es nicht anders mit dem Satz der Beharrlichkeit der Materie. Dieser beruht nicht allein auf dem Resultat der Beobachtung und des Experiments. Das Gewicht, welches als Maſs der Masse oder Materie betrachtet wird, ändert sich von Ort zu Ort auf der Erdoberfläche und bildet deshalb einen variablen Faktor. Folglich, da das Gewicht keine konstante Eigenschaft des Stoffes als solche ist, kann es nicht dazu dienen, die Unveränderlichkeit der Masse zu beweisen. Es hängt auſserdem die Beweiskraft der chemischen Wage bei allen Untersuchungen von der Voraussetzung ab, daſs die Gewichte, die dabei gebraucht werden, während der ganzen Zeit dieselben geblieben sind, wobei die Konstanz der Materie selbst angenommen wird.[2] Wäre man geneigt, aus der Giltigkeit des Gravitationsgesetzes oder anderer konstanter Beziehungen in der Natur auf die Konstanz der Masse zu schlieſsen, so lieſse sich ähnliches gegen einen derartigen Versuch wiederholen, was schon bei der Betrachtung des Energieprinzips angeführt worden ist. Die zukünftige Geltung dieser Konstanten ist nur unter der Annahme der quantitativen Unveränderlichkeit der Masse gesichert. So wenig wie das Experiment die Un-

---

petuum Mobile ein unentbehrliches logisches Element enthält, wie viel mehr muſs dies in Bezug auf das Energieprinzip der Fall sein! Vgl. Prinzipien der Wärmelehre S. 315 bis 327.

1) Lehre von der Energie, 1887, S. 29, 30. Die letzte, sehr weitgehende Äuſserung stimmt kaum mit den sonstigen „erkenntnistheoretischen“ Ansichten des Autors überein, der den ausgeschlossenen Perpetuum Mobile-Satz als einen reinen, durch Experimentaluntersuchungen begründeten Erfahrungssatz ansieht, auf dem er den Energiesatz begründen möchte.

2) Vgl. Spencer First Principles, II, 406, der auf den Zirkel bei allen reinen Erfahrungsbeweisen dieses Satzes hingewiesen hat. Was Spencers eigene Beweisführung der Unzerstörbarkeit der Materie betrifft, so können wir derselben ebensowenig zustimmen wie seiner Auffassung und seinen Beweisen von der Beharrung der Kraft.

zerstörbarkeit der Energie, ebensowenig kann es die Unzerstörbarkeit der Massen beweisen, weshalb unsere Überzeugung von der Wahrheit des Gravitationsgesetzes in letzter Instanz auf der Überzeugung beruht, dafs die Menge der Materie im Sonnensystem konstant bleiben werde. Aufserdem wäre es möglich, dafs sehr geringe Stoffteile im Sonnensystem verschwänden, ohne dafs die Bewegungsverhältnisse der Planeten dadurch gestört würden, dafs daher die Gravitationsformel ihre Giltigkeit beibehielte, da ein Ersatz durch Entstehung oder Zufuhr von Materie ins Sonnensystem von irgendwoher sonst stattfinden könnte. Und ferner, es wäre denkbar, dafs das Gravitationsgesetz einmal aufhörte giltig zu sein oder im Laufe weiterer Untersuchungen sich nicht als überall anwendbar zeigte, und dafs die verschiedenen in der Natur vorkommenden Konstanten ihren bestimmten Wert änderten, ohne dafs daraus die Notwendigkeit einer Vermehrung oder Vernichtung von Stoff sich ergäbe. Es zeigt sich hieraus, dafs es in der That eine Umkehrung der richtigen systematischen Ordnung bedeuten würde, wollte man die Wahrheit des Erhaltungsprinzips der Materie aus irgend einem besonderen Gesetze oder konstanten Verhältnisse der Natur ableiten.

Die letzte Grundlage für die Sätze der Konstanz der Masse und Energie sind die fundamentalen logischen Postulate der Wissenschaft, nämlich die Erhaltungsprinzipien der Substanz und Kausalität, oder die Grundsätze der Beharrung und Veränderung. Die Grundidee, ohne welche das Prinzip der Erhaltung der Energie nicht richtig begründet werden kann, weil ohne dieselbe der Beweis nicht abgeschlossen werden darf, ist die der quantitativen Gleichheit zwischen Ursache und Wirkung, oder anders ausgedrückt, das Prinzip der Gröfsenkonstanz der Veränderungen. Alle jene anderen schon betrachteten sogenannten Begründungen des Satzes sind von beschränkterer Giltigkeit als dieser selbst, da sie entweder Bedingungen enthalten, welche, obwohl vielleicht ausreichend, doch keineswegs notwendig für die Wahrheit des Prinzips sind, oder dasselbe nur für gewisse Erscheinungsgebiete beweisen können oder endlich auf Vorstellungen über das Wesen der Energie beruhen, die nicht sichere Wahrheiten sind, sondern die mit der Zeit sich sehr gut ändern können und die deshalb (vorläufig) nur bildlich verstanden werden dürfen.

Deshalb ist als Resultat dieser Betrachtung zu sagen, Robert Mayers Verfahrensweise enthält den einzig möglichen Beweis für das Energieprinzip.[1]

---

1) Der von Wundt angeführte Beweis, Logik, 2. Aufl., S. 621, stimmt mit demjenigen Robert Mayers überein insofern, als er denselben Ausgangspunkt hat. Statt „Energie“ schreibt Wundt allgemeiner „Wirkungsfähigkeit der Substanz“. Ein

Dabei braucht man keineswegs wie H. Spencer der Meinung zu sein, dafs das Energieprinzip eine Aussage a priori des Bewufstseins sei, denn der Energiebegriff ist natürlich ein empirischer, der nicht ohne eine lange Erfahrung aufgestellt werden konnte. Es wäre ferner falsch, zu meinen, dafs eine solche Auffassung des Energieprinzips, die hier vertreten worden ist, wonach dasselbe sowohl einen logischen Bestandteil als auch empirische Elemente enthält und allein aus dem Zusammenwirken von beiden vollständig erschöpft werden kann, irgend etwas mit metaphysischen Beweisführungen zu thun habe.[1] Man sollte

---

Unterschied zwischen der Wundt'schen und Mayer'schen Verfahrensweise besteht darin, dafs der erstere die konstanten Zahlen oder Äquivalenzbeziehungen nicht berücksichtigt, wodurch dann das Prinzip etwas an Exaktheit verliert und einen mehr rein metaphysischen Charakter annimmt.

1) In dieser Hinsicht ist König, „Entwicklung des Kausalproblems", Bd. II, Kap. über Riehl, S. 364, in einen auffallenden Irrtum geraten, indem er die Auffassung Riehls geradezu mit derjenigen Spencers identifiziert. Dagegen hat Riehl ausdrücklich in Bezug auf das Energieprinzip und die Grundgesetze der Mechanik gesagt: „ich bin weit entfernt, diese Sätze für rein apriorische zu halten oder zu glauben, dafs sie ohne Beobachtung und spezifische Erfahrung entdeckt oder bewiesen werden können." Kriticismus II, 255. Das Energieprinzip hat nur seine allgemeine Form von dem Kausalprinzip empfangen, dagegen seinen Inhalt natürlich allein aus der Erfahrung. Riehl ordnet das Energieprinzip dem Kausalprinzip unter; Spencer verfährt umgekehrt. Unter Kraft versteht der letztere etwas Absolutes, Unbedingtes und Transcendentes, etwas über die Erfahrung Hinausgehendes, für welches er nur scheinbar einen Anhaltspunkt in den Begriffen der exakten Wissenschaften finden kann. Seine aus dem Wesen des Denkens versuchte Ableitung des Prinzips der Beharrung der Kraft, welche nur durch die Verschwommenheit der angewendeten Begriffe einen Schein von Beweisfähigkeit erwecken kann, hat nur den Gebrauch gewisser Ausdrücke mit der durchaus wissenschaftlichen Auffassung dieses Grundsatzes seitens Robert Mayer und Riehl gemeinschaftlich. Mayers Begründung hat aber König II, 443 et seq. nicht richtig verstanden, weil er das logische Verhältnis der Mayer'schen Sätze nicht eingesehen und die Unterscheidung der apriorischen und empirischen Bestandteile des Prinzips augenscheinlich nicht gewürdigt hat. Die petitio principii, welche König bei Mayer erblickt, besteht einfach in der Voraussetzung des formalen Beharrlichkeitsprinzips der Substanz, ohne welche eine wissenschaftliche Erfahrung unmöglich ist. In einem solchen Verfahren ist schwerlich ein Zirkel enthalten, sonst müfste man in der Annahme der Giltigkeit des Kausalprinzips und in der ganzen Verfahrensweise der Physik einen Zirkel erblicken. Es gehörte der Blick eines Genies dazu, um einzusehen, dafs die Imponderabilien (die Kräfte) auch unter den Substanzbegriff zu subsumieren waren. Dadurch wurde eine Verknüpfung der Kategorien der Substanz und Kausalität in ihrer exakten Bedeutung für die Erfahrungswissenschaften vollzogen. Gerade darin besteht die erkenntnistheoretische Bedeutung von Robert Mayers Naturauffassung. Ohne Zweifel hat er, wie König sagt, dabei eine neue und abweichende Definition des Kausalverhältnisses gebildet, darin aber ist kein Einwand zu entdecken. Denn es ist gewifs erlaubt, sogar notwendig, schon vorhandene und überlieferte Begriffe von Zeit zu Zeit zu untersuchen und zu berichtigen. Was Riehls Ausführungen über die erkenntnistheoretische Bedeutung des

zwischen logischen und metaphysischen Betrachtungsweisen unterscheiden und nicht meinen, dafs alles, was nicht durch direkte Verallgemeinerung aus der Erfahrung gewonnen oder als Produkt des Waltens eines unverständlichen Instinktes sich erklären läfst, eben deshalb einen ontologischen Charakter tragen müsse. Das Prinzip von der Erhaltung der Energie ist kein rein apriorisches Gesetz, sondern enthält die Anwendung der Erhaltungsidee der Veränderungen auf einen allgemeinsten Begriff der Naturwissenschaft.

III. Über den weiteren logischen Sinn und die Bedeutung des Energieprinzips wird es vielleicht nicht unzweckmäfsig sein, einige Bemerkungen zu der schon vorhergehenden hinzuzufügen. Das Prinzip behauptet, dafs es Gleichheitsbeziehungen zwischen Energieveränderungen gäbe, giebt aber nicht an, welche diese seien. Diese Verhältnisse sind etwas rein Thatsächliches, die einfach in der Erfahrung gegeben werden müssen und worüber das Prinzip selbst a priori nichts aussagen kann. Es enthält nur eine Aussage über die allgemeine Art des Zusammenhangs der Erscheinungen und giebt zugleich ein Mittel an, wodurch dieser Zusammenhang gezeigt werden kann, läfst aber den Inhalt desselben in jedem Falle unentschieden. Dafs eine Quantität Bewegung immer Bewegung erzeugen mufs, ist gewifs nicht sicher. Wovon es abhängt, dafs dieselbe einmal Wärme, ein anderes Mal Elektricität hervorbringt, ist uns bis zum heutigen Tage nicht erklärt worden. Im

---

Energieprinzips betrifft, so scheint es mir nötig, in einem Punkte von ihm abzuweichen. Riehl sieht nämlich in der Gewinnung des mechanischen Wärmeäquivalents und des Energieprinzips einen Beweis für die objektive Wahrheit des Kausalprinzips, weil dadurch zuerst der Beweis vollständig erbracht sei für die letzten mechanischen Prinzipien, die einerseits synthetische Sätze a priori sind und in unmittelbarem Zusammenhange mit dem Kausalprinzip stehen, andererseits ein Ausdruck des thatsächlichen Verhaltens der Natur sind. Denn obwohl das Kausalprinzip zur „Herstellung der Wissenschaft“ als unentbehrlich anzusehen sei, so gebe es doch keinen transcendentalen Beweis für seine Allgemeingiltigkeit; „keinen Beweis, dafs derselbe a priori eine Beziehung auf die Gegenstände der Erfahrung haben müsse.“ II, 258. Damit sind wir auch einverstanden. Es ist aber klar, dafs die von Riehl versuchte objektive Begründung des Prinzips schliefslich auf der Annahme beruht, dafs die mechanische Erklärungsweise die einzig richtige und mögliche sei, dafs nur soviel Wissenschaft vorhanden sei, wie sich Mechanik der Natur nachweisen läfst. Abgesehen von dem Umstande, dafs die Berechtigung einer solchen Annahme als eines methodischen Prinzips nicht über allen Zweifel feststeht, so kann nach Riehl dieselbe allein auf Grund der Giltigkeit des Prinzips der Kausalität aufgestellt und begründet werden. Das Kausalprinzip bildet nach Riehl eine unerlässliche Grundlage für das Energieprinzip. Es scheint deshalb unstatthaft, dafs umgekehrt ein Beweis für die Wahrheit der letzten mechanischen Gesetze als Beweis für das Prinzip der Begründung der Veränderungen dienen kann.

allgemeinen kann man nur sagen, dafs dies von der Verschiedenheit des Substrates abhängen müsse, auf welches die Energie übertragen wird, und dafs, wo eine Energiemenge auf eine qualitativ gleiche Substanz übergeht, eine Gleichartigkeit zwischen Ursache und Wirkung vorhanden sein werde. Die qualitativen Unterschiede der Energieformen müssen daher in dem Unterschiede in den Zusammensetzungen der Substanzen begründet sein. Dafs nun diese einheitlich seien im Sinne der qualitativen Einfachheit wird heutzutage nicht ernsthaft behauptet werden können. Wenn daher von der Einerleiheit der Energieformen gesprochen wird, so kann diese nur qantitativ verstanden werden, nämlich als ein Ausdruck für den Zusammenhang derselben nach gewissen Äquivalenzbeziehungen.

Man könnte nun sagen, dafs etwas Unbestimmtes in dem Energieprinzip stecke, insofern, als dasselbe nichts darüber aussagt, in welcher Richtung oder unter welchen Bedingungen ein Energieaustausch stattfinde. Nun soll diese Unbestimmtheit durch den zweiten Hauptsatz der Wärmetheorie, welche in Verbindung mit dem Energieprinzip nach den Meinungen einiger Physiker das Grundgesetz des Geschehens überhaupt darstellt, überwunden werden. Denn dieses sagt aus, „in welchem Sinne ein Prozefs eintritt, was sich in seinem Verlauf ändert und welchem Gesetze diese Anordnungen gehorchen“. Dafs aber dieser Grundsatz ein inhaltliches Entwickelungsgesetz der gesamten Natur enthält, kann sicher bezweifelt werden. Was für Qualitäten, d. h. Erscheinungsweisen die Energie bei ihren Veränderungen in besonderen Fällen annehmen wird, kann nicht hierdurch a priori bestimmt werden. Es ist dabei auch nicht zu übersehen, dafs die mit diesem Hauptsatz zusammenhängende Auffassung der Arbeitsfähigkeit der Wärme und die Tendenz aller Energieformen, in die letztere überzugehen, aus keinem Gesetz abgeleitet werden können, sondern, dafs sie einfach gewisse Fackta ausdrücken, die innerhalb gewisser räumlicher Grenzen in der Natur beobachtet worden sind. Hieraus ein umfassendes Gesetz für das gesamte Geschehen zu machen, unterliegt gewissen Bedenken, die nicht näher erörtert werden können. Es ist aber sicher, dafs, so wenig wie aus dem Energieprinzip selbst die Notwendigkeit des Stattfindens solcher Bedingungen in der Erfahrung ausgemacht werden kann, wodurch ein Energieaustausch eintreten könne, dieses ebensowenig aus dem zweiten Hauptsatze abgeleitet werden kann. In dieser Hinsicht, könnte man sagen, enthalte das Energieprinzip ein hypothetisches Element, worin eine Einschränkung seiner Giltigkeit zu erblicken sei.

Wer aber in diesem Umstande einen Grund zum Zweifel über die Giltigkeit des Prinzips von der Konstanz der Energie oder etwa eine

Grenze desselben sieht, mufs auch etwas ähnliches Einschränkendes und Hypothetisches in Bezug auf das Kausalprinzip anerkennen. Denn nicht nur sagt das letztere a priori nichts darüber aus, welche Veränderungen, sondern nicht einmal ausdrücklich, dafs Veränderungen überhaupt in der Natur gegeben sein müssen. Da sein Gebrauch aber von dem Vorhandensein solcher Zustandsdifferenzen abhängig ist, so läge hierin, so könnte man sagen, eine Berechtigung zum Zweifel an der Allgemeingiltigkeit seiner Anwendbarkeit. Denn müssen Veränderungen vorkommen oder gegeben werden? Natürlich ist die Bejahung dieser Frage an und für sich ebensowenig eine logische Notwendigkeit als die Behauptung, dafs die Welt, so wie sie thatsächlich beschaffen ist, notwendig existieren müsse, ein notwendiger Satz ist. Da uns aber thatsächlich Veränderungen gegeben werden, so verbietet uns das Kausalprinzip zu denken entweder, dafs diese jemals einen Anfang gehabt haben oder dafs sie jemals vollständig aufhören werden. Denn der Übergang von einem veränderungslosen Zustande der Dinge zu einer Veränderung desselben ist für unseren Verstand wenigstens nicht zu überbrücken. Wie es nun in dieser Hinsicht mit dem Kausalprinzip gestellt ist, scheint es ähnlich mit dem Prinzip von der Erhaltung der Energie in Bezug auf das Stattfinden von Energiedifferenzen und Energieaustausch zu stehen.

Allerdings, ginge die Welt einem solchen Zustande unaufhörlich entgegen, wie es von einigen Physikern mit Sicherheit behauptet wird, worin alle Wirkungsfähigkeit gänzlich abgenommen hätte, weil alle Energiedifferenzen ausgeglichen sein würden, so müfste gewifs das Energieprinzip einmal unbrauchbar werden. Aber diese Grenze der Giltigkeit des Prinzips würde deshalb nicht zu erfahren sein, weil schon längst, ehe dieser vorausgesagte Zustand eingetreten wäre, alles vernünftige Leben zweifellos zu existieren aufgehört hätte.

Ist aber die Notwendigkeit oder sogar die Wahrscheinlichkeit des Eintritts eines solchen Zustandes der Dinge wirklich ausgemacht? Wenn nach der Ansicht der mechanischen Wärmetheorie, welche durch jenen zweiten Hauptsatz bedingt ist, Energie nicht ohne Aufwand von Arbeit von einem niederen zu einem höheren Niveau übergehen kann, wenn auch unter der „Rangordnung“ der Wirkungsfähigkeit der Energieformen die Wärme den tiefsten Platz einnimmt, und obwohl ferner alle Energie eine Tendenz hat, in Wärme überzugehen, wodurch eine allgemeine Entwertung ihrer Wirkungsfähigkeit und Ausgleichung aller Niveaudifferenzen bedingt wird, so scheint doch, dafs der weitgehende Schlufs auf den „Wärmetod der Welt“ ohne andere und weitere Annahmen nicht gefolgert werden darf. Man mufs nämlich aufserdem annehmen, nicht nur dafs die Energie selbst eine endliche Summe bilde,

sondern dafs die Veränderungen derselben in einer einzigen Reihe oder Richtung stattfinden; oder dafs die Entwickelung, wie Riehl bemerkt hat, von einem einzigen Mittelpunkt ausgeht.[1] Da nun, wie es scheint, die letzten Bedingungen nicht erfüllt werden oder wenigstens ihre Erfüllung nicht nachweisbar ist, so bleibt auch jener Schlufs auf die Erreichung jenes Maximums der Entropie äufserst unsicher. Erfahrungsmäfsig ist er nicht zu begründen, viel weniger ist er, wie H. Spencer meint, a priori einleuchtend oder aus seiner selbst nichtssagenden Evolutionsformel ableitbar. Dafs, wie Spencer sagt, „the changes which Evolution presents cannot end till equilibrium is reached", kann man bejahen, ohne die Hinzufügung „and equilibrium must at last be reached" irgendwie zuzugeben.[2] Denn die letzte Behauptung ist weder von Spencer bewiesen, noch, wie wir glauben, überhaupt beweisbar. Wie kann man empirisch beweisen, dafs alle Energie sozusagen ausgelöst oder „zerstreut" werden müsse, oder dafs die Verdichtung der Massen — nach Spencer — jemals eine letzte Grenze erreichen werde? Die Beweisführungen sowohl Spencers als anderer Denker sind in dieser Beziehung unzulässig, weil sie blofs aus der Betrachtung gewisser Vorgänge von kleineren oder gröfseren Massensystemen innerhalb der Welt auf das Verhalten des Inbegriffs aller Systeme, nämlich die Welt selber, schliefsen. Ganz richtig hat Mach hiergegen bemerkt, dafs dieses Verfahren einen „Mafsbegriff auf ein Objekt anwendet", welches der Messung unzugänglich ist.[3] Wäre aber wirklich jener Gleich-

---

1) Kriticismus III, S. 311, Anmerkung. Vgl. das Kapitel über das kosmologische Problem, S. 298 u. folg., ferner die Ausführung von F. Wald „Die Energie und ihre Entwertung", S. 89, 90, wo die Schwierigkeit, welche sich aus der Entwertung der Energie in Bezug auf den Endzustand der Welt bildet, durch eine Betrachtung überwunden werden soll, die nicht unbedenklich ist: Jener Zustand soll nur in unendlicher Zeit erreichbar sein, weil die Ausgleichung der Niveaudifferenzen von den noch vorhandenen Differenzen selbst abhängig wird und deshalb mit einer ihnen entsprechenden Geschwindigkeit stattfinden sollte. Daher soll das Ende nur asymptotisch erreichbar sein. Aber es müfste denn, glaube ich, auch eine unendliche Anzahl solcher Prozesse postuliert werden, falls nach dieser Auffassung des Geschehens jener Schlufs auf den Endzustand aufgehoben werden soll. — Die Auflösung des ganzen Geschehens, welches nur als kontinuierlich gedacht werden kann, in eine Anzahl diskreter Prozesse „finitiver" oder „dissipativer" Natur erscheint überhaupt als eine willkürliche Auffassung der Wirklichkeit. Nachdem dies geschehen ist, versucht man die Welt aus einer solchen bestimmten Anzahl von Prozessen wieder zusammenzusetzen. Aber wie weifs man, dafs das Geschehen an und für sich in eine Reihe getrennter einzelner Akte zerfällt?

2) First Principles, Cap. XXII, 5. Aufl., S. 516.

3) Prinzipien der Wärmelehre, S. 338. Die Idee von der Totalität der Sinnenwelt ist nach Kant ein blofser Vernunftbegriff, von dem man nicht behaupten kann, dafs er an und für sich als einheitliches System verwirklicht oder real ist. Deshalb

gewichtszustand, von dem Spencer redet, jemals erreicht oder erreichbar, so wäre nicht einzusehen, wie aus einer solchen gleichmäſsigen Verteilung der Energie eine ungleichmäſsige Verteilung derselben hervorgehen könnte, wie auf einen „leblosen“, veränderungslosen Zustand der Dinge „ein universelles Leben“, wie Spencer glaubt, folgen sollte. Denn gesetzt, daſs alle Veränderungen einmal aufhörten, so müſste dieser Zustand für immer dauern. Ein Wiederbeginn von Energiedifferenzen wäre — in Gedanken wenigstens — hiermit ausgeschlossen.[1]

IV. Was schlieſslich die objektive Allgemeingiltigkeit des Kausalprinzips selbst betrifft, scheint uns ein direkter Beweis hierfür weder möglich noch notwendig zu sein. Unmöglich, weil die Notwendigkeit, welche diesem Prinzip zugeschrieben wird, zuletzt von dem Erhaltungsgrundsatz des Seins abhängig ist und dieser Grundsatz selbst durch denjenigen Begriff der Erfahrung bedingt wird, welcher als das Ziel der Naturerkenntnis aufgestellt worden ist, dessen objektive Notwendigkeit aber nicht demonstriert werden kann. Leugnet man die Möglichkeit jenes Begriffs der Erfahrung im Kant'schen Sinne, nämlich als den Zusammenhang der Dinge nach allgemeingiltigen Gesetzen, was, wie ich glaube, schwerlich geschehen kann, falls man dem Streben der theoretischen Wissenschaften selbst gerecht wird, so braucht man den Grundsatz der Konstanz der Natur und die damit gleichbedeutenden Erhaltungsprinzipien der Substanz und Kausalität nicht länger unbedingt aufrecht zu erhalten. Auf der anderen Seite scheint ein Beweis für das Kausalprinzip nicht notwendig zu sein, falls wir nach einer Kenntnis der Naturerscheinungen nach allgemeingiltigen Gesetzen des Geschehens streben. Denn wird die Möglichkeit einer solchen Erkenntnis vorausgesetzt, und wird ferner das Kausalprinzip als die Bedingung der Gesetzmäſsigkeit der Veränderungen, daher als Prinzip der Erklärbarkeit des Zusammenhangs derselben aufgefaſst, so hat es keinen Sinn mehr an der Allgemeingiltigkeit dieses Prinzips zu zweifeln, noch zu fragen, ob die empirische Realität erklärbar sei; sondern man soll und kann vernünftigerweise nur festzustellen suchen, wie weit sie begreiflich sei.[2] Nicht die Richtigkeit im allgemeinen, sondern die Anwendbarkeit des Kausalprinzips in dem besonderen Falle wird vermittelst des Experi-

---

scheint uns die Beschäftigung mit solchen Begriffen wie demjenigen von „Entropie“ oder „Energie“ der Welt transcendenter Natur zu sein.

1) Das Gesetz, nämlich die Instabilität des Homogenen, vermittelst dessen Spencer hier auszukommen hofft, ist soweit davon entfernt, notwendiger Natur zu sein, daſs es sogar mit sicheren physikalischen Thatsachen nicht vereinbar ist.

2) Es sei hier bemerkt, daſs die Voraussetzung der Erklärbarkeit der Naturerscheinungen — was nur innerhalb gewisser Grenzen geschehen kann — keineswegs

mentes geprüft. Denn wäre die Möglichkeit vorausgesetzt, daſs diese Realität unserem Erkenntnisstreben zuwider wäre, so müſste dieses Streben von vornherein als vergeblich einleuchten und sollte dann konsequenterweise aufgegeben werden. Das Kausalprinzip ist ein regulatives Prinzip der Naturforschung; es ist eine notwendige Voraussetzung einer wissenschaftlichen Erfahrung, da es das Prinzip der Gesetzmäſsigkeit oder der Begründung der Veränderungen in der Natur bildet.[1]

Es erscheint daher durchaus unstatthaft, den Causalsatz, welcher das regelnde Prinzip aller Naturgesetze, die Veränderungsgesetze sind, bildet, bloſs als eine Art von Hypothese zu betrachten, die durch fortschreitende Erfahrung freilich nie streng bewiesen, aber immer mehr und mehr bestätigt — vielleicht widerlegt — werden kann, deren Giltigkeit durch ihre bisherige thatsächliche Anwendbarkeit in erster Linie, wenn nicht ausschlieſslich, verbürgt wird. In einer solchen Auffassung liegt eine Verkennung der logischen Bedeutung dieses Grundsatzes. Denn hiermit ist das Prinzip auf gleichen Fuſs mit Erfahrungsgesetzen gestellt, während es gerade die logische Möglichkeit und unerläſsliche Bedingung enthält, daſs in einzelnen Fällen Hypothesen über den Zusammenhang der Dinge vernünftigerweise aufgestellt werden können. Das Kausalprinzip ist nicht eine Hypothese unter Hypothesen, sondern postuliert die Notwendigkeit der Gesetzlichkeit des Geschehens. Es bestimmt auſserdem die Form aller besonderen Kausalgesetze, deren Inhalt allein aus der Wahrnehmung herstammt. Erkenntnistheoretisch betrachtet, muſs das Prinzip daher allen besonderen Naturgesetzen vorangehen und von vornherein feststehen, da es die unentbehrliche logische Grundlage aller allgemeingiltigen Aussagen über den Zusammenhang des Geschehens bildet. Das Kausalprinzip oder der Satz der Begründung der Veränderungen ist also selbst kein Naturgesetz,[2] wie Helmholtz richtig bemerkt hat, son-

---

gleichbedeutend ist mit der Behauptung, daſs die Welt vernünftig sei. Diese letztere, viel weitgehendere Behauptung ist für eine Wissenschaftstheorie entbehrlich. Es ist auch zu bemerken, daſs nicht die Gesetzmäſsigkeit der Natur überhaupt von dem allgemeinen Kausalprinzip behauptet wird.

1) Vgl. die Äuſserungen von Helmholtz in der 1. Auflage seiner Phys. Optik S. 454, besonders 455, wo das Kausalprinzip als ein logisches Gesetz aufgefaſst wird, dessen Forderungen die Erscheinungen genügen müssen, falls sie in unsere Erfahrung einpassen sollen. Später sagt Helmholtz, „That in der Wahrnehmung" S. 41, „Für die Anwendung des Kausalgesetzes haben wir keine weitere Bürgschaft als seinen Erfolg"; hier muſs man „vertrauen und handeln", ein Standpunkt, welcher sicher ganz mit demjenigen empiristischer Denker, z. B. Mill, übereinstimmt, gegen welchen Helmholtz sich in der erstgenannten Schrift energisch gewendet hatte.

2) Sogar nicht das allgemeinste; denn dasselbe ist wahrscheinlich noch nicht entdeckt, und vielleicht giebt es keines.

dern zugleich ein Postulat und eine Regel der Naturforschung. Es ist sowohl ein imperatives als ein heuristisches Prinzip der Erfahrung. Denn nicht nur fordert er, daſs die wahrgenommenen Veränderungen im Zusammenhange miteinander stehen müssen, sondern nach einer strengen Auffassung giebt er auch an, in welcher Richtung die Verknüpfung im allgemeinen gesucht und festgestellt werden muſs, nämlich in der Gröſsenübereinstimmung der aufeinanderfolgenden Erscheinungen.[1] Richtig verstanden, d. h. als Corollar des Substanzprinzips, in welcher Hinsicht es als Prinzip der Gröſsenkonstanz der Veränderung zu bezeichnen ist, spricht das Kausalprinzip, oder, wenn man hier will, der Kausalbegriff sowohl das allgemeine Ziel der Erklärung der Erscheinungen aus als die Art und Weise, in welcher dasselbe verwirklicht werden kann. Die Notwendigkeit des Kausalprinzips sowohl wie die Auffassung des Kausalbegriffes sind daher zuletzt von dem Grundsatz der quantitativen Unveränderlichkeit der Natur abhängig, welcher deshalb die letzte Grundlage und den bestimmenden Grund aller Kausalgesetze bildet. Er bestimmt die Aufgabe, welche bei der Aufstellung aller solcher Gesetze, die alle insgesamt Gesetze der Veränderungen der Substanz sind, zu lösen ist. Alle Kausalgesetze müssen die Form von quantitativen Gleichungen annehmen,[2] denn nur dadurch kann die Forderung des obersten Postulats der Beharrlichkeit der Substanz erfüllt werden. Es ist die groſse philosophische Leistung Robert Mayers, dies klar eingesehen, durch eine neue Auffassung

---

1) Vgl. Riehl, Kriticismus, Bd. II., Kap. über Kausalität u. Laas, Idealismus und Positivismus III, S. 249—260 und S. 273, die an dem Grundsatz causa aequat effectum festhalten; dagegen Sigwart, Logik II, 135, 170.

2) Nach unseren früheren Ausführungen wird es klar sein, daſs diese Behauptung nicht allein für die „Begriffswelt der Mechanik" gelte, wie neuerdings von H. Rickert in seinem Aufsatze: „Psychophysische Kausalität und Psychophysischer Parallelismus" in den philosophischen Abhandlungen zu Sigwarts 70. Geburtstag, den ich erst nach Abschluſs des Manuskripts gesehen habe, behauptet wird. Der Begriff der ursächlichen Beziehung als ein quantitatives Gleichheitsverhältnis gilt für alle meſsbaren Erscheinungen. Weshalb „qualitative Wirklichkeiten", welche miteinander kausal verbunden sind, deren Existenz und Verschiedenheit gar nicht geleugnet werden kann, nicht Kausalgleichungen bilden können oder dürfen, ist meiner Ansicht nach von Rickert nicht begründet. Eine qualitative Ungleichartigkeit ist mit einem Zusammenhange nach quantitativer Gleichheit gewiſs nicht unvereinbar; jene schlieſst diese von vornherein nicht aus. Die von Rickert geforderten „Kausalungleichungen" sind in der Physik, Chemie oder Physiologie einfach ein Unding, welches dem Prinzipe der Möglichkeit dieser Wissenschaften direkt widersprechen würde. Ob Kausalgleichungen im psychischen Gebiete möglich seien, soll damit nicht gesagt werden, eben deshalb, weil es erstens zu bezweifeln ist, ob die Erscheinungen hier meſsbarer Natur sind, und ferner ob es unter denselben Kausalbeziehungen giebt oder geben kann.

des Kausalverhältnisses eine Verknüpfung der Kategorien der Substanz und Kausalität in ihrer exakten wissenschaftlichen Bedeutung ermöglicht und zugleich die Mittel — den Begriff — geschaffen zu haben, wodurch der Erfahrungsnachweis der vom substantiellen Kausalbegriff geforderten Beziehung zwischen Erscheinungen geführt werden kann.

Es ist gewiss nicht a priori klar, wie Kant bemerkt hat, warum Erfahrung etwas wie Kausalverknüpfungen enthalten soll. Dafs die wirklichen Verhältnisse der Dinge den Gebrauch des Kausalbegriffs gestatten, scheint ein letztes Faktum zu sein, bei dem wir einfach stehen bleiben müssen, ohne dafür eine Erklärung angeben zu können. Diese thatsächliche Übereinstimmung zwischen den Forderungen des Verstandes und dem realen Laufe der Dinge kommt aber weniger merkwürdig vor, sobald man bedenkt, dafs das selbstbewufste Denken selbst einen Teil der Wirklichkeit ausmacht und ferner, wie wir jetzt Grund haben anzunehmen, aus dem Wechselspiel der Vorgänge einmal selbst hervorgegangen ist. Es ist daher ganz natürlich, dafs die Verstandsbegriffe und das Verhalten der Dinge eine gewisse Korrespondenz zeigen sollen, da das Bewufstsein selbst ein Naturprodukt ist, welches nur nach einem längeren Entwicklungsprozefs seinen gegenwärtigen Zustand erreicht hat.[1] Nur wer von vornherein auf einem dualistisch-metaphysischen Boden steht und wie Lotze eine scharfe Sonderung zwischen Denken und Sein, zwischen Psychischem und Physischem aufstellt, wird in der gegenseitigen Verträglichkeit beider Veranlassung zu müfsigen Überlegungen finden und in der Selbstverständlichkeit dieser Übereinstimmung „die wunderbarste Thatsache in der Welt“ erblicken.[2] Die Betonung der Möglichkeit, dafs der Verstand den Erscheinungen „die Bedingungen seiner Einheit nicht gemäfs finden könnte“, scheint nur gegen einen übertreibenden Idealismus am Platze zu sein, wie von ihr in der That nur in diesem Sinne von Kant Gebrauch gemacht wird. Wären die Verhältnisse der Wirklichkeit und der Lauf der Dinge dem Gegenwärtigen radikal entgegengesetzt, so brauchten wir und würden wir höchst wahrscheinlich — wenn überhaupt hier von Wahrscheinlichkeiten geredet werden dürfte, wo man allein mit Denkmöglichkeiten spielen kann —, nicht ratlos vor den Erscheinungen stehen, sondern wir würden mit einem anderen, diesem Zustande der realen Dinge entsprechend angepafsten Denkapparat ausgestattet sein.

Das Verhalten des Geschehens mufs natürlicherweise der Forderung eines Prinzips entsprechen, dessen Aufstellung durch dasselbe

1) Dafs wir nicht zeigen können, wie das Bewufstsein selbst entstanden ist, bildet keinen Einwand gegen diese Ansicht. Vgl. Riehl, Kriticismus III, Kap. 2 u. 5.

2) Logik, Buch III, Kap. 5, S. 573.

selbst veranlaſst wird; sonst wäre es ganz unverständlich, wie Kant wuſste, wie wir jemals dazu gekommen wären, uns des Kausalbegriffs zu bedienen.[1]. Es findet hier eine Wechselwirkung zwischen empirischer Erfahrung und gewissen Denkprinzipien statt, wodurch sie sich gegenseitig bestimmen und ergänzen. Die erste bietet die Gelegenheit zur Anwendung der letzteren und wird dann selbst durch diese rationellen Begriffe näher bestimmt werden. Es giebt, mit Robert Mayer zu reden, eine Harmonie zwischen den Denkgesetzen und der objektiven Welt. Den Nachweis dieser Übereinstimmung zu führen, ist die umfassendste und letzte Aufgabe der Wissenschaft: das Resultat ist die wissenschaftliche Erkenntnis und Erfahrung.

1) So sagt auch Laas: „Das Bedürfnis konnte nicht aufkommen, wenn nicht die Wahrnehmungen von sich aus Erwartungen erregten; und das Bedürfnis konnte nicht zu so umfassenden Ansprüchen auswachsen, wenn sich die Erwartungen nicht an so vielen Stellen erfüllten“, III, 261.

Vita.

Natus sum, Josephus, Guilelmus, Andreas Hickson Non. Jul. anno MDCCCLXXIII Monte Regio Canadiae urbe, patre Josepho, matre Katharina e gente Dow. Fidei addictus sum evangelicae.

Postea scholam in hac urbe frequentavi, tum autumni anno MDCCCXC ad Universitatem Mc. Gill adii, ubi me artibus liberalibus per quattuor annos dedidi, examine superatoque gradum baccalaurei adeptus sum. Deinde anno MDCCCXCIV in Germaniam transmigravi, ubi semestre aestivum Argentorati et sex menses Berolinae fui: deinde annum Friburgi et sex menses anni MDCCCXCVI Chilae. Eodem anno gradum magistratus artium ab Universitate Monte Regio Canadiae accepi. Studia morbi et rerum domesticarum causa interrupta autumno anni MDCCCXCVIII denuo suscepi Halaeque immatriculatus sum, ubi ter sex menses studiis philosophicis physicis rebus cameralibusque me dedidi.

Scholis interfui virorum doctissimorum:

Argentorati: Windelband, Ziegler, Knapp, Hensel.
Berolinae: Wagner, Stumpf, Paulsen, Delbrück, Simmel, Mendel.
Friburgi: Weismann, Riehl, Rickert Münsterberg, Grosse.
Chilae: Riehl, Ebert, Tonnies.
Halae: Riehl, Conrad, Dorn, Vaihinger,

quibus omnibus praesertim meo magistro honoratissimo Riehl de rebus meis optime merito gratiam ago quam maximam.


YC 11363
QC 75
H5
Hickson
192189

